

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年6月16日(16.06.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/093374 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052940
- (22) 国際出願日: 2016年2月1日(01.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所 (KOMATSU LTD.) [JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂井 敦(SAKAI, Atsushi); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa (JP). 皆川 真範(MINAGAWA, Masanori); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa (JP). 田中 大輔(TANAKA, Daisuke); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa (JP). 龍満 光広(RYUMAN, Mitsuhiro); 〒2548555 神奈川県平塚市四之

宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa (JP). 角野 洋輔(KADONO, Yosuke); 〒2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 ICTソリューション本部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

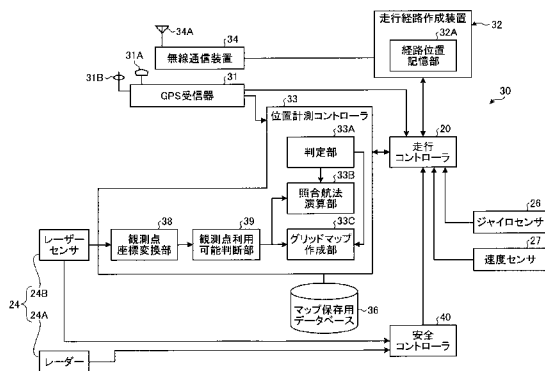
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: CONTROL SYSTEM FOR WORK MACHINES, WORK MACHINE, AND MANAGEMENT SYSTEM FOR WORK MACHINES

(54) 発明の名称: 作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システム

[図3]



- 20... TRAVEL CONTROLLER
24A... RADAR
24B... LASER SENSOR
26... GYRO SENSOR
27... SPEED SENSOR
31... GPS RECEIVER
32... TRAVEL ROUTE CREATION DEVICE
32A... ROUTE POSITION STORAGE UNIT
33... POSITION MEASUREMENT CONTROLLER
33A... ASSESSMENT UNIT
33B... COLLATED NAVIGATION CALCULATION UNIT
33C... GRID MAP CREATION UNIT
34... WIRELESS COMMUNICATION DEVICE
36... DATABASE FOR STORING MAPS
38... OBSERVATION POINT COORDINATE CONVERSION UNIT
39... DETERMINATION UNIT CAPABLE OF UTILIZING OBSERVATION POINTS
40... SAFETY CONTROLLER

(57) Abstract: A control system for work machines traveling along travel routes, said control system comprising: position detection means that detect the positions of the work machines; a non-contact sensor that detects the positions of objects in the vicinity of the work machines; and a control unit that extracts detected object information from the detection results of the position detection means and the detection results of the non-contact sensor, and excludes the detected object information within mask areas which are set so as to include changed terrain portions in which the terrain has changed due to the use of machines in the vicinity of the travel routes.

(57) 要約: 走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出手段と、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、前記位置検出手段の検出結果及び前記非接触センサの検出結果から被検出物情報を抽出し、前記走行経路の周辺のうち機械を用いることにより地形が変化する地形変化部分を含むように設定されるマスク領域の内側の前記被検出物情報を除外する制御部と、を備える。

WO 2016/093374 A1



- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
 - 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))
 - 出願人の請求に基づく第 2 1 条(2)(a)による期間経過前の公開。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システムに関する。

背景技術

[0002] 鉱山の採掘現場においては、例えば特許文献 1 に開示されているような、ダンプトラックなどの作業機械が稼働する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 1 1 - 2 4 2 5 2 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 鉱山の走行経路を自律走行する作業機械は、電離層に異常が生じると、全地球航法衛星システムを用いて検出された位置の精度が低下し、稼働が停止されることがある。その結果、鉱山における生産性が低下する可能性がある。

[0005] 本発明は、鉱山における生産性の低下を抑制できる作業機械の制御システム、作業機械、及び作業機械の管理システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第 1 の態様に従えば、走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出手段と、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、前記位置検出手段の検出結果及び前記非接触センサの検出結果から被検出物情報を抽出し、前記走行経路の周辺のうち機械を用いることにより地形が変化する地形変化部分を含む

ように設定されるマスク領域の内側の前記被検出物情報を除外する制御部と、を備える作業機械の制御システムが提供される。

[0007] 本発明の第2の態様に従えば、走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出手段と、前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、前記位置検出手段の検出結果及び前記非接触センサの検出結果に基づいて生成される地図情報と、前記非接触センサの検出結果とを照合することにより前記作業機械の位置を特定する特定動作を行う計測出力手段と、を備え、前記計測出力手段は、前記特定動作を行う際、所定のマスク領域内の位置を除外した前記地図情報を用いる作業機械の制御システムが提供される。

[0008] 本発明の第3の態様に従えば、鉱山の走行経路を走行する作業機械本体と、本発明の第1の態様に従う作業機械の制御システムと、を備える作業機械が提供される。

[0009] 本発明の第4の態様に従えば、本発明の第2の態様に従う作業機械と、鉱山に設けられ、前記走行経路の周辺のうち機械を用いることにより地形が変化する地形変化部分及び前記機械のうち少なくとも一方の位置に関する位置関連情報を送信する管制施設と、を備え、前記作業機械の制御システムは、前記位置関連情報を受信し、受信した前記位置関連情報に基づいて前記マスク領域を設定する、作業機械の管理システムが提供される。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、鉱山における生産性の低下を抑制できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、実施形態1に係る作業機械の管理システムの一例を示す図である。

[図2]図2は、実施形態1に係る作業機械の管理システムが適用される鉱山の一例を示す平面図である。

[図3]図3は、実施形態1に係るダンプトラックの制御ブロック図である。

[図4]図4は、実施形態1に係るダンプトラックのハードウェア構成図である。

。

[図5]図5は、実施形態1に係る障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す平面図である。

[図6]図6は、実施形態1に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法位置演算部が位置及び方位を検出する方法を説明する図である。

[図7]図7は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのマップ保存用データベースに記憶される地図情報の一部を示す図である。

[図8]図8は、図7中のXⅠV部を拡大して示す図である。

[図9]図9は、レーザーセンサによる検出の一例を説明する図である。

[図10]図10は、レーザーセンサによる検出の一例を説明する図である。

[図11]図11は、検出結果から生成される地図情報の一例を示す図である。

[図12]図12は、検出結果から生成される検出情報の一例を示す図である。

[図13]図13は、観測点利用可能判断部の一例を示すブロック図である。

[図14]図14は、マスク領域の一例を示す図である。

[図15]図15は、マスク領域の一例を示す図である。

[図16]図16は、マスク領域の一例を示す図である。

[図17]図17は、マスク領域の一例を示す図である。

[図18]図18は、レーザーセンサによる検出の一例を説明する図である。

[図19]図19は、レーザーセンサによる検出の一例を説明する図である。

[図20]図20は、検出情報及び地図情報の一例を示す図である。

[図21]図21は、検出情報の一例を示す図である。

[図22]図22は、実施形態1に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。

[図23]図23は、図22のステップST3のフローチャートの一例である。

[図24]図24は、図22のステップST4のフローチャートの一例である。

[図25]図25は、レーザーセンサによる検出の一例を説明する図である。

[図26]図26は、検出情報の一例を示す図である。

[図27]図 2 7 は、マスク領域の一例を示す図である。

[図28]図 2 8 は、マスク領域の一例を示す図である。

[図29]図 2 9 は、ダンプトラックと管制施設との間の通信動作の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

[0013] <作業機械の管理システムの概要>

図 1 は、本実施形態に係る作業機械の管理システムの一例を示す図である。図 2 は、本実施形態に係る作業機械の管理システム及び作業機械の管理システム 1 が適用される鉱山の一例を示す平面図である。

[0014] 作業機械の管理システム 1（以下、管理システムと記す）は、作業機械の管理を行う。作業機械の管理は、作業機械の運行管理、作業機械の生産性の評価、作業機械のオペレータの操作技術の評価、作業機械の保全、及び作業機械の異常診断の少なくとも一つを含む。

[0015] 作業機械とは、鉱山における各種作業に用いる機械類の総称である。作業機械は、ボーリング機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、破碎機及び作業者が運転する車両の少なくとも一つを含む。掘削機械は、鉱山を掘削可能である。積込機械は、運搬機械に積荷を積み込み可能である。積込機械は、油圧ショベル、電気ショベル、及びホイールローダの少なくとも一つを含む。運搬機械は、鉱山において移動可能な移動体を含み、積荷を運搬可能である。運搬機械は、ダンプトラックを含む。積荷は、採掘により発生した土砂及び鉱石の少なくとも一方を含む。破碎機は、運搬機械から投入された排土を破碎する。

[0016] 管理システム 1 により、鉱山を走行する作業機械である運搬機械が管理され、本実施形態においては、作業機械であるダンプトラック 2 が管理される

例について説明する。ダンプトラック 2 は、図 1 及び図 2 に示すように、鉱山における積込場 L P A と、排土場 D P A と、積込場 L P A 及び排土場 D P A の少なくとも一方に通じる搬送路 H L と、搬送路 H L 同士が交差する交差点 I S と、の少なくとも一部において稼働する。少なくとも一つの排土場 D P A は、排土を破碎する破碎機 C R が配置されることがある。鉱山は、積込場 L P A の外側、排土場 D P A の外側及び搬送路 H L の外側の少なくとも一つ以上に土が積み上げられて構成された土手 B K が設けられる。

[0017] ダンプトラック 2 は、鉱山において移動可能な移動体である。ダンプトラック 2 は、積込場 L P A、排土場 D P A、搬送路 H L、及び交差点 I S の少なくとも一部を走行可能である。即ち、鉱山に設けられるダンプトラック 2 の走行経路 R P は、積込場 L P A、排土場 D P A、搬送路 H L、及び交差点 I S の少なくとも一部を含む。鉱山は、ダンプトラック 2 の稼働領域の表面から上方に所定高さ以上突出した上方突出物 V P が設けられる。実施形態 1 において、上方突出物 V P は、走行経路 R P の外側に設けられた土手 B K、積込場 L P A と排土場 D P A と搬送路 H L との少なくとも一つに設置される人工物 A F、及び、積込場 L P A と排土場 D P A と搬送路 H L との少なくとも一つに設置される壁 W L により構成されるが、標識や建物などの人工物や岩なども含まれる。所定高さは、ダンプトラック 2 が、自律走行する際に上方突出物 V P を乗り越えることが望ましくない高さである。

[0018] ダンプトラック 2 は、積込場 L P A において、積荷を積み込まれる。ダンプトラック 2 は、排土場 D P A において、積荷を下ろす（排出する）。ダンプトラック 2 は、破碎機 C R が設けられた排土場 D P A において、破碎機 C R 内に積荷である排土を投入する。ダンプトラック 2 は、鉱山の操業時には、通常、管理装置 1 0 からの指令信号により走行経路 R P を自律走行する、所謂、無人ダンプトラックである。ダンプトラック 2 が、自律走行するとは、ダンプトラック 2 が作業者の操作により走行せずに管理装置 1 0 からの指令信号により走行することをいう。また、ダンプトラック 2 は、作業（運転者）の操作により走行することも可能である。

[0019] 図1において、管理システム1は、鉱山に設置される管制施設7に配置された管理装置10と、通信システム9と、ダンプトラック2と、他の作業機械3と、を備えている。管理装置10は、鉱山の管制施設7に設置され、移動しない。また、管理装置10が移動可能でもよい。通信システム9は、管理装置10とダンプトラック2と他の作業機械3との間において無線通信により情報を伝達する。通信システム9は、管理装置10とダンプトラック2との間、管理装置10と他の作業機械3との間、及びダンプトラック2と他の作業機械3との間を、双方向に無線通信可能にする。本実施形態において、通信システム9は、信号（電波）を中継する中継器6を複数有する。

[0020] 本実施形態において、ダンプトラック2の位置及び他の作業機械3の位置が、RTK-GNSS（Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System、GNSSは、全地球航法衛星システムをいう）を利用して検出される。全地球航法衛星システムの一例としては、GPS（Global Positioning System）が挙げられるが、これに限定されない。RTK-GNSSは、複数の測位衛星5を有する。RTK-GNSSは、緯度、経度、及び高度を規定する座標系（グローバル座標系）における位置を検出する。RTK-GNSSにより検出される位置は、緯度、経度、及び高度の座標情報を含む。RTK-GNSSにより、鉱山におけるダンプトラック2の位置及び他の作業機械3の位置が検出される。RTK-GNSSにより検出される位置は、グローバル座標系において規定される絶対位置である。以下の説明においては、RTK-GNSSによって検出される位置を適宜、GPS位置、と称する。GPS位置は、絶対位置であり、緯度、経度、及び高度の座標情報（座標値）である。また、RTK-GNSSでは、測位衛星5の配置、電離層、対流圏、又は測位衛星5からの情報を受信するアンテナ周辺の地形の影響により測位の状態が変化する。この測位の状態には、例えば、Fix解（精度±1cmから2cm程度）、Float解（精度±10cmから数m程度）、Single解（精度±数m程度）、非測位（測位計算不能）等がある。

[0021] また、管理システム1は、鉱山におけるダンプトラック2及び他の作業機

械３の位置を、図２に示す互いに直交するＸ軸方向とＹ軸方向とで規定される座標（以下、Ｘ－Ｙ座標と記す）により管理する。また、管理システム１は、ダンプトラック２及び他の作業機械３の方位を、北を零度とし、東を９０度とし、南を１８０度とし、西を２７０度として管理する。ダンプトラック２及び他の作業機械３の方位は、ダンプトラック２及び他の作業機械３が前方に走行する際に、移動する方向である。なお、本実施形態において、Ｙ軸方向が、北を示しているが、これに限定されない。

[0022] <管理装置>

次に、管制施設７に配置される管理装置１０について説明する。管理装置１０は、ダンプトラック２の作業機械の制御システム３０に鉱山に設けられる走行経路ＲＰを指定する情報である走行経路情報を送信するものであり、図１に示すように、コンピュータ１１と、表示装置１６と、入力装置１７と、無線通信装置１８と、ＧＰＳ基地局１９と、を備えている。

[0023] コンピュータ１１は、処理装置１２と、記憶装置１３と、入出力部１５とを備えている。表示装置１６、入力装置１７、無線通信装置１８、及びＧＰＳ基地局１９は、入出力部１５を介して、コンピュータ１１と接続される。入出力部１５は、処理装置１２と、表示装置１６、入力装置１７、無線通信装置１８、及びＧＰＳ基地局１９の少なくとも一つとの情報の入出力（インターフェース）に用いられる。

[0024] 処理装置１２は、ダンプトラック２の管理に関する各種の処理及び他の作業機械３の管理に関する各種の処理を実行する。処理装置１２は、通信システム９を介して取得した、ダンプトラック２の位置に関する情報及び他の作業機械３の位置に関する情報を処理する。処理装置１２は、ダンプトラック２の走行経路情報を生成する。記憶装置１３は、処理装置１２と接続される。記憶装置１３は、ダンプトラック２の管理に関する各種の情報及び他の作業機械３の管理に関する各種の情報を記憶する。記憶装置１３は、ダンプトラック２の位置、及び他の作業機械３の位置を記憶する。記憶装置１３は、処理装置１２に各種の処理を実行させるためのコンピュータプログラムを記

憶する。

[0025] 表示装置 16 は、例えば、液晶ディスプレイのようなフラットパネルディスプレイを含む。表示装置 16 は、ダンプトラック 2 の位置に関する情報及び他の作業機械 3 の位置に関する情報を表示可能である。入力装置 17 は、キーボード、タッチパネル、及びマウスの少なくとも一つを含む。入力装置 17 は、処理装置 12 に操作信号を入力可能な操作部として機能する。

[0026] 無線通信装置 18 は、管制施設 7 に配置される。無線通信装置 18 は、通信システム 9 の一部である。無線通信装置 18 は、入出力部 15 を介して、処理装置 12 と接続される。無線通信装置 18 は、アンテナ 18A を有する。無線通信装置 18 は、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 の少なくとも一方から送信された情報を受信可能である。無線通信装置 18 で受信した情報は、処理装置 12 に出力され、記憶装置 13 に記憶（登録）される。無線通信装置 18 は、ダンプトラック 2 と他の作業機械 3 の少なくとも一つに情報を送信可能である。無線通信装置 18 は、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 等の移動物体についての位置の情報（移動物体位置情報）を送信可能である。この移動物体位置情報は、例えば上記の X 座標及び Y 座標についての座標情報を含む。

[0027] GPS 基地局 19 は、管制施設 7 に配置される。GPS 基地局 19 は、複数の測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ 19A と、アンテナ 19A に接続された送受信装置 19B と、を少なくとも備える。送受信装置 19B は、アンテナ 19A を介して測位衛星 5 からの情報を受信する受信機と、アンテナ 19C を介してダンプトラック 2 に情報を送信する送信機と、CPU（Central Processing Unit）のようなマイクロプロセッサを有する演算処理装置と、ROM（Read Only Memory）又は RAM（Random Access Memory）のようなメモリを有する記憶装置と、を少なくとも備える。送受信装置 19B は、アンテナ 19A が受信した情報から GPS 基地局 19 の GPS 位置を検出するとともに、ダンプトラック 2 の GPS 位置を補正するための補正観測情報を生成する。GPS 基地局 19 は、送受信装置 19B がアンテナ 19C

を通して、ダンプトラック 2 及び他の作業機械 3 に補正観測情報を送信する。なお、GPS 基地局 19 は、補正観測情報をアンテナ 19C に代えてアンテナ 18A を介して送信してもよい。

[0028] コンピュータ 11 は、通信用の入出力部 15 と、制御プログラムを実行する CPU (Central Processing Unit) と、制御プログラムを記憶する ROM (Read Only Memory) と、CPU の作業領域として使用される RAM (Random Access Memory) と、CPU により情報が登録される不揮発性メモリとを少なくとも備える。処理装置 12 の機能は、CPU が ROM に記憶された制御プログラムを読み込んで RAM の作業領域で実行することにより実現される。記憶装置 13 の機能は、ROM が制御プログラムを記憶することと、CPU により情報が不揮発性メモリに登録されることにより実現される。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも一つを含み、データベース 13B を実現する。また、複数の処理回路が、連携して、処理装置 12、及び記憶装置 13 の機能を実現してもよい。

[0029] <他の作業機械>

次に、他の作業機械 3 について説明する。本実施形態において、他の作業機械 3 は、ダンプトラック 2 以外の作業機械であり、作業者の操作により駆動する。他の作業機械 3 は、CPU (Central Processing Unit) を含みかつ作業内容に関する各種の処理を実行する処理装置と、GPS 位置を検出する GPS 受信器と、管制施設 7 の無線通信装置 18 と情報を送受信する無線通信装置と、を少なくとも備える。他の作業機械 3 は、所定時間毎に GPS 位置を無線通信装置が管制施設 7 の無線通信装置 18 に送信する。

[0030] <ダンプトラック>

次に、ダンプトラック 2 について説明する。図 3 は、本実施形態に係るダンプトラックの制御ブロック図である。図 4 は、本実施形態に係るダンプトラックのハードウェア構成図である。図 5 は、本実施形態に係る障害物センサのレーザーセンサの検出範囲を示す平面図である。

[0031] 図 4 に示すように、ダンプトラック 2 は、車両本体 21 と、ベッセル 22

と、車輪 23 と、障害物センサ 24 と、作業機械の制御システム 30 と、を備える。車両本体 21 は、走行経路 RP を含む稼働領域を走行するものである。なお、稼働領域は、搬送路 HL、積込場 LPA、排土場 DPA 及び交差点を含む領域であり、ダンプトラック 2 が走行及び作業を行う際に通過する領域である。車両本体 21 には、ディーゼルエンジンのような内燃機関 2E と、内燃機関 2E により作動する発電機 2G と、発電機で発生した電力により作動する電動機 23M と、が配置される。電動機 23M により、車輪 23 のうち後輪 23R が駆動される。なお、内燃機関 2E の動力が、トルクコンバータを含むトランスミッションを介して後輪 23R に伝達されてもよい。また、車両本体 21 は、車輪 23 のうち前輪 23F を操舵する操作装置 2S を備える。ベッセル 22 は、積込機械により積荷が積み込まれ、排出作業において持ち上げられて積荷を排出する。

[0032] 障害物センサ 24 は、車両本体 21 の前部の下部に配置される。障害物センサ 24 は、車両本体 21 の前方の障害物を非接触で検出する。本実施形態において、障害物センサ 24 は、複数のレーダー 24A と、非接触センサであるレーザーセンサ 24B と、を備える。レーダー 24A は、電波を発射して、その電波を障害物に照射し、障害物により反射された電波を受信する。これにより、レーダー 24A は、レーダー 24A に対する障害物の方向及び距離を検出可能である。本実施形態において、レーダー 24A は、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて三つ設けられているが、これに限定されない。

[0033] レーザーセンサ 24B は、ダンプトラック 2 の周囲の物体の位置を検出するものであり、レーザー光線を発射して、そのレーザー光線を物体である障害物に照射し、障害物により反射されたレーザー光線を受信する。これにより、レーザーセンサ 24B は、レーザーセンサ 24B に対する障害物の方向及び距離を検出可能である。レーザーセンサ 24B は、レーザー光線を発射し、反射されたレーザー光線を受信するために、レーザーセンサ 24B の分解能は、レーダー 24A の分解能よりも高分解能である。本実施形態におい

て、レーザーセンサ 24 B は、車両本体 21 の左右方向に間隔をあけて二つ設けられているが、これに限定されない。

[0034] また、レーダー 24 A 及びレーザーセンサ 24 B は、作業機械の制御システム 30 の第 2 通信線 35 B に接続される。また、レーザーセンサ 24 B は、作業機械の制御システム 30 の位置計測コントローラ 33 に接続される。

[0035] <作業機械の制御システム>

次に、作業機械の制御システムを説明する。図 6 は、本実施形態に係る作業機械の制御システムの位置計測コントローラの照合航法位置演算部が位置及び方位を検出する方法を説明する図である。図 7 は、本実施形態に係る作業機械の制御システムのマップ保存用データベースに記憶される地図情報の一部を示す図である。図 8 は、図 7 中の X I V 部を拡大して示す図である。

[0036] 作業機械の制御システム 30 は、ダンプトラック 2 に設置されて、ダンプトラック 2 を走行経路 R P に従って自律走行させるシステムである。作業機械の制御システム 30 は、図 4 に示すように、ジャイロセンサ 26 と、速度センサ 27 と、GPS 受信器 31 と、走行経路作成装置 32 と、位置計測コントローラ 33 と、走行コントローラ 20 と、レーザーセンサ 24 B と、無線通信装置 34 と、マップ保存用データベース 36 を少なくとも備える。この他に、作業機械の制御システム 30 は、第 1 通信線 35 A と、第 2 通信線 35 B と、安全コントローラ 40 とを備える。

[0037] 図 4 に示されるように、走行コントローラ 20、走行経路作成装置 32、位置計測コントローラ 33、マップ保存用データベース 36 及び安全コントローラ 40 は、第 1 通信線 35 A に接続される。これらは、第 1 通信線 35 を介して互いに通信して情報を送受信する。走行コントローラ 20 及び安全コントローラ 40 は、第 2 通信線 35 B にも接続される。これらは、第 2 通信線 35 B を介して互いに通信して情報を送受信する。実施形態 1 において、第 1 通信線 35 A 及び第 2 通信線 35 B を用いた通信の規格は、ISO 11898 及び ISO 11519 として標準化された CAN (Controller Area Network) であるが、これに限定されない。

- [0038] ジャイロセンサ 26 は、ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を検出する。ジャイロセンサ 26 は、走行コントローラ 20 と接続される。ジャイロセンサ 26 は、検出結果である検出信号を走行コントローラ 20 に出力する。走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 の検出信号に基づいて、ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を求めることができる。
- [0039] 速度センサ 27 は、ダンプトラック 2 の走行速度を検出する。本実施形態において、速度センサ 27 は、車輪 23 の回転速度を検出して、ダンプトラック 2 の速度（走行速度）を検出する。速度センサ 27 は、走行コントローラ 20 と接続される。速度センサ 27 は、検出結果である検出信号を走行コントローラ 20 に出力する。走行コントローラ 20 は、速度センサ 27 の検出信号と、走行コントローラ 20 に内蔵されているタイマーからの時間情報とに基づいて、ダンプトラック 2 の移動距離を求めることができる。
- [0040] GPS 受信器 31 は、GPS を用いてダンプトラック 2 の位置である GPS 位置を検出する位置検出手段である。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報を受信するアンテナ 31 A と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報を受信するアンテナ 31 B と、が少なくとも接続される。アンテナ 31 A は、測位衛星 5 から受信した情報に基づく信号を GPS 受信器 31 に出力し、アンテナ 31 B は、受信した補正観測情報に基づく信号を GPS 受信器 31 に出力する。GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報と、を用いて、アンテナ 31 A の位置（GPS 位置）を検出する。具体的には、GPS 受信器 31 は、測位衛星 5 からの情報と、GPS 基地局 19 からの補正観測情報と、を比較して、任意の測位衛星 5 までの距離を求め、更に、測位衛星 5 からの電波の位相を調べて、アンテナ 31 A の位置（GPS 位置）を検出する。本実施形態において、GPS 受信器 31 は、RTK（Real Time Kinematic）-GNSS を用いるが、これに限定されない。
- [0041] GPS 受信器 31 は、アンテナ 31 A の位置（GPS 位置）を検出することによって、ダンプトラック 2 の位置（GPS 位置）を検出する。また、G

GPS受信器31は、アンテナ31Aの位置を検出する過程において、アンテナ31Aが情報を受信した測位衛星5の数などに基づいて、検出したGPS位置の精度を示すFix解、Float解、又はSingle解を検出する。GPS受信器31は、GPS位置を測位計算不能である場合に、非測位である信号を出力する。本実施形態において、Fix解のGPS位置の精度は、ダンプトラック2が自律走行を行うことができる精度であり、Float解、Single解のGPS位置の精度は、ダンプトラック2が自律走行を行うことができない精度であるが、これらに限定されない。このように、GPS受信器31は、検出したGPS位置の精度を示すFix解、Float解、又はSingle解を検出し、測位計算不能である場合に非測位である信号を走行経路作成装置32を介して走行コントローラ20及び位置計測コントローラ33に出力する。

[0042] 走行経路作成装置32は、図3に示すように、管理装置10の処理装置12が生成した走行経路情報を記憶する経路位置記憶手段である経路位置記憶部32Aを備える。走行経路作成装置32は、アンテナ34Aが接続された無線通信装置34と接続している。無線通信装置34は、管理装置10及び自車両以外の作業機械4の少なくとも一つから送信された情報（指令信号を含む）を受信可能である。なお、自車両以外の作業機械4は、作業機械の制御システム30が設置されたダンプトラック2以外の作業機械4であり、ボーリング機械、掘削機械、積込機械、運搬機械、及び作業者が運転する車両を含む。即ち、自車両以外の作業機械4は、自車両以外のダンプトラック2を含む。

[0043] 無線通信装置34は、管制施設7の無線通信装置18が送信した走行経路情報及び自車両以外の作業機械4の位置に関する情報を受信して、走行経路作成装置32及び位置計測コントローラ33に出力する。なお、走行経路情報及び自車両以外の作業機械4の位置に関する情報は、X-Y座標で示されている。走行経路作成装置32は、無線通信装置34から走行経路情報及び自車両以外の作業機械4の位置に関する情報を受信すると、経路位置記憶部

32Aに記憶する。走行経路作成装置32は、無線通信装置34から走行経路情報及び自車両以外の作業機械4の位置に関する情報を受信すると、自車両であるダンプトラック2の位置及び方位を無線通信装置34を通して、管制施設7の無線通信装置18に送信する。また、走行経路作成装置32は、第1通信線35Aに接続している。

[0044] 走行コントローラ20は、CPU (Central Processing Unit) と、制御プログラムを記憶するROM (Read Only Memory) と、CPUの作業領域として使用されるRAM (Random Access Memory) と、不揮発性メモリと、を少なくとも備えるコンピュータである。走行コントローラ20は、GPS受信器31が検出したGPS位置及び位置計測コントローラ33が検出したダンプトラック2の位置を受信する。走行コントローラ20は、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置、又は位置計測コントローラ33の照合航法位置演算部33Bが検出したダンプトラック2の位置に基づいて、走行経路RPに従ってダンプトラック2を自律走行させる走行制御手段である。

[0045] 走行コントローラ20は、GPS受信器31の検出結果であるGPS位置、速度センサ27の検出結果であるダンプトラック2の走行速度、及びジャイロセンサ26の検出結果であるダンプトラック2の方位（方位変化量）に基づいて、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する特定動作を行う。実施形態1において、走行コントローラ20は、GPS受信器31の検出結果であるGPS位置、速度センサ27の検出結果であるダンプトラック2の走行速度、及びジャイロセンサ26の検出結果であるダンプトラック2の方位（方位変化量）をカルマンフィルタKF (Kalman Filter) により統合して、ダンプトラック2の位置及び方位を特定する。具体的には、走行コントローラ20は、GPS受信器31からGPS位置が入力した時点のGPS位置及びジャイロセンサ26の検出結果である方位を基に、タイマーからの時間情報により速度センサ27の検出結果である走行速度を積分して、位置及び方位を特定する。走行コントローラ20は、位置及び方位の検出前、検出中

、検出後のいずれかにおいてGPS位置をX-Y座標の位置に変換する。

[0046] 走行コントローラ20は、ダンブトラック2の位置が走行経路情報に含まれる走行経路RPの位置と重なる、即ち、ダンブトラック2が走行経路RPに従って走行するように、ダンブトラック2のアクセル、制動装置及び操作装置2Sの少なくとも1つを制御する。このような制御により、走行コントローラ20は、ダンブトラック2を走行経路RPに沿って走行させる。走行コントローラ20の機能は、CPUがROMに記憶された制御プログラムを読み込んでRAMの作業領域で実行することにより実現される。また、複数の処理回路が、連携して、走行コントローラ20の機能を実現してもよい。

[0047] 位置計測コントローラ33は、図3に示すように、判定部33Aと、照航海法位置演算部33Bと、グリッドマップ作成部33Cと、を備える。位置計測コントローラ33は、ダンブトラック2が走行経路RPに従って走行する際に、GPS受信器31の検出結果であるダンブトラック2のGPS位置及びレーザーセンサ24Bの検出結果から上方突出物VP（実施形態1において、主に土手BK）の位置を検出し、検出した上方突出物VPの有無及び位置を走行経路RPを含む稼働領域の地図情報MIとしてマップ保存用データベース36に記憶する計測出力手段である。位置計測コントローラ33は、第1通信線35に接続している。位置計測コントローラ33には、第1通信線35及び走行コントローラ20を介してジャイロセンサ26の検出結果であるダンブトラック2の方位（方位変化量）を示す検出信号及び速度センサ27の検出結果であるダンブトラック2の走行速度を示す検出信号が入力する。

[0048] また、位置計測コントローラ33は、無線通信装置34、走行経路作成装置32及び第1通信線35Aを介して、GPS受信器31と接続している。位置計測コントローラ33には、GPS受信器31の検出結果であるGPS位置を示す検出信号が入力される。

[0049] 判定部33Aは、GPS受信器31が検出したGPS位置精度が所定精度を超えているか（つまり高精度か）否かを判定する判定手段である。本実施

形態において、判定部33Aは、GPS位置の解がFix解であるか否かを判定し、GPS位置の解がFix解であると、検出したダンブトラック2のGPS位置の精度が高精度であると判定する。判定部33Aは、GPS位置の解がFloat解である場合、Single解である場合、又はGPS位置が非測位である場合に、検出したダンブトラック2のGPS位置の精度が低精度であると判定する。なお、所定精度は、ダンブトラック2が、後述する推測航法により走行経路RPに従って自律走行することができるGPS位置精度である。本実施形態において、GPS受信器31がGPS位置及び解の検出を行うが、解の検出を他の機器（例えば、判定部33A）が行ってもよい。

[0050] グリッドマップ作成部33Cは、稼働領域の地図情報を生成する。グリッドマップ作成部33Cは、例えばGPS受信器31で検出されたダンブトラック2のGPS位置精度が所定精度を超えている（つまり高精度）と判定部33Aによって判定された場合に、上記地図情報M1を生成する。

[0051] グリッドマップ作成部33Cは、まず、レーザーセンサ24Bで検出された検出情報から、上方突出物VPの位置を抽出する抽出動作を行う。抽出動作を行う際、グリッドマップ作成部33Cは、まず判定部33Aで検出されたダンブトラック2の位置及び方位と、レーザーセンサ24Bで検出された検出情報とを統合する。そして、統合した結果から上方突出物VP以外の検出結果を削除し、上方突出物VPの被検出物情報を抽出する。

[0052] グリッドマップ作成部33Cは、上記のように抽出した被検出物情報に基づいて、地図情報の生成動作を行う。生成動作を行う際、グリッドマップ作成部33Cは、例えば上記の被検出物情報を、稼働領域の地図情報M1としてマップ保存用データベース36に記憶する。

[0053] 図7に示すように、地図情報M1は、平面視における鉱山の稼働領域における土手BK等の上方突出部VPの有無及びの位置を示している。また、図8に示すように、地図情報M1は、X方向及びY方向に格子状に配置された矩形のグリッド領域GRによって構成されている。各グリッド領域GRは、

平面視における鉱山の矩形領域に対応している。各グリッド領域GRには、X座標及びY座標が設定されている。各グリッド領域GRは、上方突出物VPが存在するか否か、即ち、0か1かの情報を含んでいる。本実施形態では、図7及び図8に示すように、上方突出物VPが存在する場合にはグリッド領域GRを黒色（1）で示し、上方突出物VPが存在しない場合にはグリッド領域GRを白色（0）で示しているが、これに限定されない。

[0054] マップ保存用データベース36は、上方突出物VPの位置に関する情報を稼働領域の地図情報MIとして記憶する地図情報記憶手段であり、第1通信線35Aに接続している。マップ保存用データベース36は、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、フラッシュメモリ、及びハードディスクドライブの少なくとも一つにより構成される。マップ保存用データベース36は、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置精度が所定精度を超えていると判定部33Aが判定すると、レーザーセンサ24Bの検出結果から走行経路RPを含む稼働領域の上方突出物VPに関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物VPに関する検出結果を稼働領域の地図情報MIとして記憶するものである。マップ保存用データベース36は、グリッドマップ作成部33Cが検出した検出結果を、グリッドマップ作成部33Cが検出する度に地図情報MIとして記憶する。本実施形態において、マップ保存用データベース36に記憶される地図情報MIは、グリッドマップ作成部33Cが検出する度に上書きされるが、これに限定されない。

[0055] 照合航法位置演算部33Bは、GPS受信器31が検出したダンプトラック2のGPS位置精度が所定精度以下であると判定部33Aが判定すると、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、レーザーセンサ24Bの検出結果、及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報MIに基づいて、ダンプトラック2の位置及び方位を検出する。照合航法位置演算部33Bは、図6に示すように、ジャイロセンサ26の検出結果、速度センサ27の検出結果、レーザーセンサ24Bの検出結果、及びマッ

プ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 をパーティクルフィルタ PF (Particle Filter) により統合して、ダンプトラック 2 の位置及び方位を検出する。本実施形態において、照合航法位置演算部 33B は、位置及び方位を検出し、走行コントローラ 20 に出力する。本実施形態において、走行コントローラ 20 は、T3 毎に照合航法位置演算部 33B が検出した位置及び方位が入力される。

[0056] また、位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 又は照合航法位置演算部 33B が検出した自車両であるダンプトラック 2 の位置及び方位に関する情報を無線通信装置 34 を介して、管制施設 7 の無線通信装置 18 に送信する。

[0057] さらに、位置計測コントローラ 33 は、図 3 に示すように、観測点座標変換部 38 と、観測点利用可能判断部 39 とを備える。観測点座標変換部 38 は、レーザーセンサ 24B からの方向及び距離で規定された座標で示されたレーザーセンサ 24B の検出結果の位置を、X-Y 座標に変換する。観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果の位置は、X 軸方向と Y 軸方向とにくわえ、これらの直交する高さ方向 (Z 軸方向) により規定されている。観測点利用可能判断部 39 は、経路位置記憶部 32A から自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報が入力される。観測点利用可能判断部 39 は、観測点座標変換部 38 により座標が変換された検出結果から各種のノイズ、地表から所定高さ以下の検出結果、及び自車両以外の作業機械 4 を検出したと予想される検出結果を除去する。観測点利用可能判断部 39 は、ノイズを除去したレーザーセンサ 24B の検出結果を、グリッド領域 GR の検出結果に合成する。観測点利用可能判断部 39 は、合成した検出結果をグリッドマップ作成部 33C と、照合航法位置演算部 33B との双方に出力する。

[0058] 図 9 及び図 10 は、ダンプトラック 2 が積込場 LPA においてレーザーセンサ 24B を用いて検出を行う場合の一例を説明する図である。図 9 では、自車両であるダンプトラック 2 は、積込場 LPA に入り込み、ダンプトラック 2 とは異なる他の作業機械 (例えば積込機械である油圧ショベル、電気シ

ヨベル等) 4 が壁部Wから土砂を採掘している状態を示している。

[0059] 作業機械4によって採掘される土砂は、ダンプトラック2に積み込まれる。このため、ダンプトラック2は、土砂を積み込むため作業機械4の近傍の位置まで移動する。管制施設7は、積込場LPAの入り口から土砂の積み込み位置までの走行ルートを設定してダンプトラック2に送信する。ダンプトラック2は、受信した走行ルートに沿って走行する。

[0060] このとき、ダンプトラック2は、図9に示すように、照射範囲IAHにレーザー光を照射しつつ積込場LPAを走行する。壁部Wのうちレーザー光の照射範囲IAHに含まれる部分は、上方突出物VPの一部Sとして検出される。また、作業機械4についても、レーザー光の照射範囲IAHに含まれる場合には上方突出物VPの一部Sとして検出される。ダンプトラック2は、検出結果に基づいて地図情報MIを生成し、マップ保存用データベース36に記憶させる。

[0061] 作業機械4による採掘が進むと、図10に示すように、壁部Wの一部が削られて凹状に変形する。作業機械4は、この凹部Waに入り込むように移動して採掘を進める。この状態でダンプトラック2が積込場LPAに入ってきた場合、土砂の積み込み位置は、図9に示す位置よりも凹部Wa側の位置に設定される。この状態から、例えばダンプトラック2が照合航法位置演算部33Bによって位置及び方位を算出するとする。この場合、図10に示すように、照射範囲IAHにレーザー光を照射しつつ積込場LPAを走行し、壁部W及び作業機械4を上方突出物VPの一部Sとして検出する。

[0062] 図11は、図9に示す場合の検出によって生成された地図情報MIの一例を示す図である。図12は、図10に示す場合の検出によって生成された被検出物情報DIの一例を示す図である。図11及び図12に示すように、地図情報MI及び被検出物情報DIは、それぞれ壁部Wの上方突出物VPの一部Sに対応する被検出物情報S1と、作業機械4に対応する被検出物情報S1とを含んでいる。一方、被検出物情報DIには、壁部Wの凹部Waに対応する被検出物情報S1aが含まれている。この被検出物情報S1aは、地図

情報M Iには含まれていない。また、地図情報M Iと被検出物情報D Iとの間では、被検出物情報S 1の位置がずれている。したがって、地図情報M Iと被検出物情報D Iとに基づいて照合航法位置演算部33Bがダンプトラック2の位置を演算する場合、互いの位置情報に不一致の部分が存在するため、演算結果の精度が低くなってしまう可能性がある。

[0063] そこで、本実施形態では、演算結果の精度の低下を抑制するため、位置計測コントローラ33では、地図作成及び位置演算の際、上記の凹部W aのように作業の進行に伴い作業機械4を用いることで地形が変化する地形変化部分や作業機械4にマスク領域を設定し、被検出物情報の当該マスク領域の位置情報を用いないようにする、つまり、マスク領域の位置情報を除外した情報を用いるようにする。

[0064] 図13は、観測点利用可能判断部39の一例を示すブロック図である。図13に示すように、観測点利用可能判断部39は、マスク領域設定部51と、情報設定部52とを有する。ダンプトラック2は、無線通信装置34を介して、地形変化部分又は他の作業機械4の位置に関する位置関連情報を受信可能である。マスク領域設定部51は、無線通信装置34で受信した位置関連情報に基づいて、地形変化部分又は他の作業機械4を含むマスク領域を設定する。

[0065] 図14から図17は、地形変化部分及びマスク領域の一例を示す図である。図14は、積込場L P Aにおける例を示している。図14に示すように、積込場L P Aでは、油圧ショベル、電動ショベル等の作業機械4により、壁部Wの一部が採掘される。この場合、壁部Wのうち作業機械4によって採掘される部分W bは、地形変化部分である。したがって、マスク領域設定部51は、作業機械4と、当該作業機械4によって採掘される部分（地形変化部分）W bとを含む領域にマスク領域M A 1を設定可能である。マスク領域M A 1は、例えば所定の半径を有する円形の領域として設定される。なお、マスク領域M A 1の形状は円形に限定するものではなく、楕円形や多角形等、他の形状のマスク領域M A 1が設定されてもよい。

[0066] 図15は、排土場DPAのうちエッジダンプエリアにおける例を示している。図15に示すように、排土場DPAのエッジダンプエリアでは、ダンプトラック2から崖部（エッジ部）Eに土砂等の積荷が排出される。ダンプトラック2が排出を繰り返す場合、排出された土砂等によって崖部Eの地形が変化することがある。この場合、積荷が排出される崖部Eは、地形変化部分である。そこで、マスク領域設定部51は、図15に示すようなエッジダンプエリアの地形変化部分である崖部Eを含む領域にマスク領域MA2を設定可能である。この場合、マスク領域MA2は、崖部Eに沿って帯状に形成される。マスク領域MA2としては、1つの領域が矩形状に設定されるが、これに限定するものではなく、複数の領域が設定されてもよいし、矩形状とは異なる形状であってもよい。

[0067] 図16は、排土場DPAのうちパドックダンプエリアにおける例を示している。図16に示すように、排土場DPAのパドックダンプエリアでは、異なる排出位置が順次管制施設7から送信され、ダンプトラック2から路面Fに土砂等の積荷が排出される。排出された積荷は路面Fに積み上げられる。ダンプトラック2が排出を繰り返す場合、排出された土砂等が路面Fの複数箇所に配置されるため、路面Fの地形が変化する。この場合、積荷が配置される路面Fは、地形変化部分である。そこで、マスク領域設定部51は、図16に示すようなパドックダンプエリアの路面Fのうち土砂等が配置されうる領域にまとめてマスク領域MA3を設定可能である。この場合、マスク領域MA3としては、1つの領域が矩形状に設定されるが、これに限定するものではなく、複数の領域が設定されてもよいし、矩形状とは異なる形状であってもよい。

[0068] 図17は、搬送路HLにおける例を示している。図17に示すように、搬送路HLには、ダンプトラック2が走行する。また、搬送路HLには、当該搬送路HLの土手BK等を補修する補修用車両5が走行する。補修用車両5によって土手BKが補修されることにより、土手BKの地形が変化する。この場合、土手BKは、地形変化部分である。そこで、マスク領域設定部51

は、図 1 7 に示すように、補修用車両 5 の走行軌跡に沿った領域にマスク領域 M A 4 を設定可能である。この場合、マスク領域 M A 4 は、土手 B K を含んでもよい。

[0069] マスク領域設定部 5 1 は、管制施設 7 からの位置関連情報に基づいて、上記のマスク領域 M A 1 ～ M A 4 を設定する。上記の積込場 L P A の例では、位置関連情報として、油圧ショベル、電動ショベル等の作業機械 4 の位置に関する情報や、作業機械 4 によって採掘される位置に関する情報等が含まれる。また、上記のエッジダンプエリアの例では、位置関連情報として、ダンプトラック 2 が積荷を排出する予定の位置に関する情報等が含まれる。また、上記のパドックダンプエリアの例では、位置関連情報として、ダンプトラック 2 が排出する予定の位置に関する情報などが含まれる。

[0070] また、上記の搬送路 H L の例では、位置関連情報として、補修用車両 5 の走行位置に関する情報等が含まれる。補修用車両 5 の走行位置が変化する場合、マスク領域設定部 5 1 は、補修用車両 5 の走行位置を推定し、推定結果に基づいてマスク領域 M A 4 を設定してもよい。

[0071] 情報設定部 5 2 は、被検出物情報がマスク領域 M A 内に存在するか否かを判別する。情報設定部 5 2 は、マスク領域 M A 内に被検出物情報が存在すると判別した場合、マスク領域 M A 内に存在する被検出物情報を移動物体情報として設定する。以下、情報設定部 5 2 の機能について具体例を挙げて説明する。

[0072] 図 1 8 及び図 1 9 は、積込場 L P A においてマスク領域 M A 1 が設定された状態でレーザーセンサ 2 4 B による検出を行う場合の例を説明する図である。図 1 8 に示すように、自車両であるダンプトラック 2 は、積込場 L P A を走行しつつ、照射範囲 I A H にレーザー光を照射する。ダンプトラック 2 は、壁部 W 及び作業機械 4 を上方突出物 V P の一部 S として検出すると共に、検出結果に基づいて地図情報 M I を生成する。

[0073] この状態で作業機械 4 による採掘が進むと、図 1 9 に示すように、壁部 W の一部が削られて凹状に変形する。ただし、凹部 W a 及び作業機械 4 は、マ

スク領域MA 1内に収まっている。この状態でダンプトラック2が積込場LPAに入り、照合航法位置演算部33Bによって位置及び方位を算出するとする。この場合、図19に示すように、照射範囲IAHにレーザー光を照射しつつ積込場LPAを走行し、壁部W及び作業機械4を上方突出物VPの一部Sとして検出する。

[0074] 図20は、図18に示す場合に得られる被検出物情報D1及び地図情報M1の一例を示す図である。被検出物情報D1には、作業機械4に対応する被検出物情報S1が含まれている。この状態で、情報設定部52は、内外判定処理などにより、レーザーセンサ24Bで検出された上方突出物VPの位置情報がマスク領域MA1に存在するか否かを判別する。例えば情報設定部52は、マスク領域MA1内に被検出物情報S1の一部と被検出物情報S1とが存在することを判別する。マスク領域MA1内に上方突出物VPの位置情報が存在すると判別された場合、情報設定部52は、当該マスク領域MA1内の上方突出物VPの位置情報を削除する。これにより、被検出物情報S1が削除される。その後、グリッドマップ作成部33Cは、位置情報を削除した被検出物情報D1に基づいて地図情報M1を作成する。図20に示すように、地図情報M1には、マスク領域MA1に沿った形状を削除された部分の被検出物情報S3が形成されている。

[0075] 一方、図21は、図19に示す場合に得られる被検出物情報D1の一例を示す図である。被検出物情報D1には、凹部Waに対応する被検出物情報S1aと、作業機械4に対応する被検出物情報S1とが含まれている。この状態で、情報設定部52は、内外判定処理などにより、マスク領域MA1に上方突出物VPの位置情報が存在するか否かを判別する。例えば情報設定部52は、マスク領域MA1内に被検出物情報S1a及び被検出物情報S1が存在することを判別する。マスク領域MA1内に上方突出物VPの位置情報が存在すると判別された場合、情報設定部52は、当該マスク領域MA1内の上方突出物VPの位置情報を削除する。これにより、被検出物情報S1a及び被検出物情報S1が削除される。図21に示すように、被検出物情報D1

aには、マスク領域MA1に沿った形状の削除部分S3が形成されている。この被検出物情報D1aの位置情報は、図20に示す地図情報M1の位置情報と一致する。したがって、図20に示す地図情報M1と、被検出物情報D1aとに基づいて照合航法位置演算部33Bがダンプトラック2の位置を演算する場合、互いの位置情報の間での不一致部分が除去されるため、演算結果の精度が低下することを抑制できる。

[0076] 位置計測コントローラ33は、通信用の入出力と、制御プログラムを実行するCPU (Central Processing unit) と、制御プログラムを記憶するROM (Read Only Memory) と、CPUの作業領域として使用されるRAM (Random Access Memory) と、CPUにより情報が登録される不揮発性メモリとを少なくとも備えるコンピュータである。判定部33A、照合航法演算部33B、グリッドマップ作成部33C、観測点座標変換部38、及び観測点利用可能判断部39の機能は、CPUがROMに記憶された制御プログラムを読み込んでRAMの作業領域で実行することにより実現される。不揮発性メモリは、フラッシュメモリ及びハードディスクドライブの少なくとも一つを含む。また、複数の処理回路が、連携して、判定部33A、照合航法演算部33B、グリッドマップ作成部33C、観測点座標変換部38、及び観測点利用可能判断部39の機能を実現してもよい。

[0077] 安全コントローラ40は、レーダー24A及びレーザーセンサ24Bの検出信号に基づいて、ダンプトラック2と障害物との相対位置を求める。安全コントローラ40は、障害物との相対位置を用いて、アクセル、制動装置23B及び操作装置2Sの少なくとも一つを制御するための指令を生成し、走行コントローラ20に出力する。走行コントローラ20は、安全コントローラ40から取得した指令に基づいてダンプトラック2を制御して、ダンプトラック2が障害物に衝突することを回避する。

[0078] また、走行コントローラ20は、判定部33AがGPS位置の解がFloat解である場合、Single解である場合、又はGPS位置が非測位であることが所定時間経過し、照合航法位置演算部33Bがマップ保存用デー

データベース 36 に記憶された地図情報 M1 との最終推定値が所定値よりも低いレーザーセンサ 24B の検出結果しか得られない場合に、走行コントローラ 20 に車両本体 21 を停車させる制動装置 23B を制御するための指令を出力する。

[0079] <作業機械の制御方法>

次に、本実施形態に係る作業機械の制御方法、即ち作業機械の制御システム 30 の動作の一例について説明する。図 22 は、本実施形態に係る作業機械の制御システムのフローチャートの一例である。図 23 は、図 22 のステップ ST3 のフローチャートの一例である。

[0080] 作業機械の制御方法は、稼働領域を走行経路 RP に従って走行するダンプトラック 2 の作業機械の制御方法である。作業機械の制御方法において、処理装置 12 は、無線通信装置 18 を介して、ダンプトラック 2 の走行経路作成装置 32 及び位置計測コントローラ 33 に指令信号を送信する。指令信号は、ダンプトラック 2 の走行条件に関する情報及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を含む。走行条件に関する情報は、処理装置 12 で生成された走行経路情報、及びダンプトラック 2 の走行速度に関する情報を含む。走行経路作成装置 32 は、通信システム 9 を介して送信された処理装置 12 からの指令信号のうち走行経路情報及び自車両以外の作業機械 4 の位置に関する情報を経路位置記憶部 32A に記憶する。位置計測コントローラ 33 は、走行経路作成装置 32 が走行経路情報を含む処理装置 12 からの指令信号を受信すると、無線通信装置 34 を介して、自車両であるダンプトラック 2 の位置及び方位に関する情報を処理装置 12 に送信する。走行コントローラ 20 は、処理装置 12 からの指令信号に基づいて、ダンプトラック 2 のアクセル、制動装置 23B 及び操作装置 2S を制御して、ダンプトラック 2 の走行を制御する。

[0081] 作業機械の制御システム 30 の走行コントローラ 20 は、GPS 受信器 31 が検出したダンプトラック 2 の GPS 位置に基づいて、走行経路 RP に従ってダンプトラック 2 を推測航法により走行させるステップ ST1 を実行す

る。本実施形態において、走行コントローラ 20 は、管理装置 10 の処理装置 12 により生成された走行経路情報、及び処理装置 12 で設定された走行速度（目標走行速度）を含む走行条件に従って、ダンプトラック 2 を積込場 LPA、排土場 DPA、搬送路 HL、及び交差点 IS の少なくとも一部で走行させる。推測航法とは、既知の位置からの方位（方位変化量）と移動距離とに基づいて、対象物（ダンプトラック 2）の現在位置を推測する航法をいう。ダンプトラック 2 の方位（方位変化量）は、ダンプトラック 2 に配置されたジャイロセンサ 26 を用いて検出される。ダンプトラック 2 の移動距離は、ダンプトラック 2 に配置された速度センサ 27 を用いて検出される。ジャイロセンサ 26 の検出信号及び速度センサ 27 の検出信号は、ダンプトラック 2 の走行コントローラ 20 に出力される。

[0082] 走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の方位（方位変化量）を求めることができる。走行コントローラ 20 は、速度センサ 27 からの検出信号に基づいて、既知の起点からのダンプトラック 2 の移動距離を求めることができる。走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号及び速度センサ 27 からの検出信号に基づいて、ダンプトラック 2 が生成された走行経路 RP に従って走行するように、ダンプトラック 2 の走行に関する制御量を生成する。制御量は、アクセル信号、制動信号、及び操舵信号を含む。走行コントローラ 20 は、操舵信号、アクセル信号及び制動信号に基づいて、ダンプトラック 2 の走行（操作）を制御する。

[0083] 次に、推測航法により求められた推測位置が RTK-GNSS 又は照合航法位置演算部 33B を使って補正されつつダンプトラック 2 が走行する例について説明する。ダンプトラック 2 の走行距離が長くなると、ジャイロセンサ 26 及び速度センサ 27 の一方又は両方の検出誤差の蓄積により、推測された位置（推測位置）と実際の位置との間に誤差が生じる可能性がある。その結果、ダンプトラック 2 は、処理装置 12 によって生成された走行経路 RP から外れて走行してしまう可能性がある。本実施形態において、走行コン

トローラ 20 は、推測航法により導出（推測）されたダンブトラック 2 の位置（推測位置）を、GPS 受信器 31 により検出された GPS 位置又は照合航法位置演算部 33 B が検出した位置を使って補正しつつ、ダンブトラック 2 を走行させる。走行コントローラ 20 は、ジャイロセンサ 26 からの検出信号と、速度センサ 27 からの検出信号と、GPS 受信器 31 からの GPS 位置又は照合航法位置演算部 33 B が検出した位置とに基づいて、ダンブトラック 2 が走行経路 RP に従って走行するように、ダンブトラック 2 の位置を補正する補正量を含む、ダンブトラック 2 の走行に関する制御量を算出する。走行コントローラ 20 は、ダンブトラック 2 が走行経路 RP に従って走行するように、算出した補正量及び制御量に基づいて、ダンブトラック 2 の走行（操作）を制御する。

[0084] 次に、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置精度が所定精度を超えているか否かを判定するステップ ST 2 を実行する。即ち、ステップ ST 2 において、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置の精度が高精度であるか否かを判定する。具体的には、位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の解が F i x 解であるか否かを判定する。

[0085] 位置計測コントローラ 33 の判定部 33 A が、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置の解が F i x 解であると判定する、即ち、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置精度が高精度であると判定する（ステップ ST 2 : Y e s）と、グリッドマップ作成部 33 C が、地図情報 M I を作成する（ステップ ST 3）。即ち、位置計測コントローラ 33 は、GPS 受信器 31 が検出した GPS 位置精度が高精度であると判定すると、GPS 受信器 31 が検出したダンブトラック 2 の GPS 位置に基づいて経路位置記憶部 32 A が記憶した走行経路 RP に従ってダンブトラック 2 を自律走行させるとともに、レーザーセンサ 24 B の検出結果から上方突出物 V P に関する検出結果を抜き出して、抜き出した上方突出物 V P に関する検出結果を

稼働領域の地図情報M Iとしてマップ保存用データベース36に記憶するステップS T 3を実行する。

[0086] 具体的には、まず、マスク領域設定部51は、管制施設7から送信される位置関連情報に基づいて、積込場L P A、排土場D P A、搬送路H L、及び交差点I Sの各部にマスク領域M Aを設定する（ステップS T 31）。

[0087] 次に、観測点座標変換部38は、レーザーセンサ24Bから方向及び距離で規定された座標で示されたレーザーセンサ24Bの検出結果の位置を、X-Y座標で示された座標の位置に変換して被検出物情報D Iを生成する（ステップS T 32）。

[0088] 次に、情報設定部52は、被検出物情報D Iにおいてマスク領域M A内に上方突出物V Pの被検出物情報が含まれるか否かを判断する（ステップS T 33）。マスク領域M A内に上方突出物V Pの被検出物情報が存在しないと判別された場合（ステップS T 33のN o）、当該被検出物情報D Iから上方突出物V Pの被検出物情報を抽出する抽出動作を行う（ステップS T 34）。

[0089] また、マスク領域M A内に上方突出物V Pの被検出物情報が存在すると判別された場合には（ステップS T 33のY e s）、位置計測コントローラ33は、被検出物情報D Iからマスク領域M A内の上方突出物V Pの位置情報を削除し（ステップS T 35）、その後、抽出動作を行う（ステップS T 34）。

[0090] 抽出動作を行う場合、観測点利用可能判断部39は、まず、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果の各種のノイズを除去する。具体的には、観測点利用可能判断部39は、ノイズとして、反射強度の低い検出結果、レーザー光線が透明物体を通過したと思われる検出結果、レーザー光線が埃を検出したと思われる検出結果、地面によりレーザー光線が反射されたと思われる検出結果、及びレーザー光線が地面上の土の塊を検出したと思われる検出結果を、観測点座標変換部38により座標が変換された検出結果から除去する。

- [0091] なお、ステップS T 3 1において、観測点利用可能判断部3 9は、まず、観測点座標変換部3 8により座標が変換された検出結果の各種のノイズを除去する。具体的には、観測点利用可能判断部3 9は、ノイズとして、反射強度の低い検出結果、レーザー光線が透明物体を通過したと思われる検出結果、レーザー光線が埃を検出したと思われる検出結果、地面によりレーザー光線が反射されたと思われる検出結果、及びレーザー光線が地面上の土の塊を検出したと思われる検出結果を、観測点座標変換部3 8により座標が変換された検出結果から除去する。
- [0092] 観測点利用可能判断部3 9は、観測点座標変換部3 8により座標が変換された検出結果から、ダンプトラック2からの距離が最大距離以上の検出結果、及び距離が最少距離以下の検出結果を除去する。本実施形態において、所定の最大距離は、太陽光によるノイズを除去するために必要な距離であり、所定の最少距離は、レーザーセンサ2 4 Bから近距離で起こる濃い埃のノイズを除去するための距離である。
- [0093] 観測点利用可能判断部3 9は、観測点座標変換部3 8により座標が変換された検出結果から地表から所定高さ以下の検出結果を除去する。本実施形態において、観測点利用可能判断部3 9は、所定高さ以下の検出結果を除去するが、これに限定されない。このように、観測点利用可能判断部3 9は、検出結果から各種のノイズなどを除去する。
- [0094] 観測点利用可能判断部3 9は、各種のノイズなどが除去された検出結果を、X-Y座標で位置が示されたグリッド領域G Rで構成される検出結果に合成する。観測点利用可能判断部3 9は、合成した検出結果をグリッドマップ作成部3 3 Cと、照合航法位置演算部3 3 Bとの双方に出力する。
- [0095] その後、位置計測コントローラ3 3のグリッドマップ作成部3 3 Cは、観測点利用可能判断部3 9が合成した検出結果である上方突出物V Pの位置を走行経路R Pの地図情報M Iとしてマップ保存用データベース3 6に記憶する（ステップS T 3 6）。これにより、地図情報の作成が行われる。
- [0096] また、図2 4に示すように、位置計測コントローラ3 3の判定部3 3 Aは

、GPS受信器31が検出したGPS位置の解がFix解ではないと判定する、即ち、GPS受信器31が検出したダンプロック2のGPS位置精度が所定精度以下であると判定する（ステップST2：No）と、照合航法位置演算部33Bが、レーザーセンサ24Bの検出結果及びマップ保存用データベース36に記憶された地図情報M1に基づいて、ダンプロック2の位置及び方位を検出して、走行経路RPに従ってダンプロック2を走行させる（ステップST4）。即ち、位置計測コントローラ33は、GPS受信器31が検出したGPS位置精度が所定精度以下であると判定すると、レーザーセンサ24Bの検出結果とマップ保存用データベース36が記憶した地図情報M1とを照合することにより、ダンプロック2の位置及び方位を算出する。

[0097] 具体的には、地図作成の場合と同様に、観測点座標変換部38は、レーザーセンサ24Bから方向及び距離で規定された座標で示されたレーザーセンサ24Bの検出結果の位置を、X-Y座標の位置に変換する被検出物情報D1を生成する（ステップST41）。次に、情報設定部52は、被検出物情報D1においてマスク領域MA内に位置情報が含まれるか否かを判断する（ステップST42）。マスク領域MA内に位置情報が含まれないと判断された場合（ステップST42のNo）、被検出物情報D1から上方突出物VPの位置情報を抽出する抽出動作を行う（ステップST43）。また、マスク領域MA内に位置情報が含まれると判断された場合（ステップST42のYes）、位置計測コントローラ33は、被検出物情報D1からマスク領域MA内の位置情報を削除した後（ステップST44）、抽出動作を行う（ステップST43）。なお、ステップST41からステップST44までの処理は、上記のステップST32からステップST35までの処理と同じであるため、詳細な説明を省略する。

[0098] その後、照合航法位置演算部33Bは、ダンプロック2の位置及び方位を算出する（ステップST45）。ステップST45において、照合航法位置演算部33Bは、観測点利用可能判断部39によりノイズが除去された検

出結果をアイソレーションフィルタ (Isolation Filter) に通して、検出結果を間引きする。具体的には、照合航法位置演算部 33 B は、観測点利用可能判断部 39 によりノイズが除去された検出結果のうち互いに所定距離以上離れた検出結果のみ残し、他の検出結果を除去する。

[0099] 照合航法位置演算部 33 B は、ジャイロセンサ 26 の検出結果、速度センサ 27 の検出結果、レーザセンサ 24 B の検出結果、及びマップ保存用データベース 36 に記憶された地図情報 M1 をパーティクルフィルタ PF により統合して、ダンプトラック 2 の位置及び方位を検出する。具体的には、照合航法位置演算部 33 B は、ジャイロセンサ 26 の検出結果である方位及び速度センサ 27 の検出結果である走行速度を基に、ある時点でダンプトラック 2 が存在すると予想される範囲内の複数の位置及び方位を算出する。

[0100] 照合航法位置演算部 33 B は、マップ保存用データベース 36 に保存された地図情報 M1 に基づいて、ダンプトラック 2 が存在すると予想される各位置及び方位にダンプトラック 2 が位置する場合にレーザセンサ 24 B が検出すると予想される検出結果を推定する。照合航法位置演算部 33 B は、レーザセンサ 24 B が検出すると予想される検出結果と、レーザセンサ 24 B が現実に出した検出結果とを照合して、各位置及び方位においてレーザセンサ 24 B が検出すると予想される検出結果のレーザセンサ 24 B が現実に出した検出結果に対する尤度を算出する。照合航法位置演算部 33 B は、各位置及び方位の尤度を正規化する。

[0101] 照合航法位置演算部 33 B は、各位置及び方位においてレーザセンサ 24 B が検出すると予想される検出結果の尤度と各位置とから最終推定値を算出し、レーザセンサ 24 B が検出すると予想される検出結果がレーザセンサ 24 B が現実に出した検出結果に最も似る位置及び方位を算出する。照合航法位置演算部 33 B は、最も似る位置及び方位をダンプトラック 2 の位置及び方位として検出する。照合航法位置演算部 33 B は、最も似る位置及び方位を算出した際に、最も似る位置及び方位の推定精度、信頼度も算出する。

- [0102] 以上のように、本実施形態によれば、抽出動作、生成動作及び特定動作を行う際、被検出物情報D1のうち鉱山の一部に設定されるマスク領域MAの被検出物情報を用いないようにするため、ダンプトラック2の位置を演算する際に、演算結果の精度の低下を抑制することができる。これにより、鉱山における生産性の低下を抑制できる。
- [0103] 本実施形態で説明した鉱山に設定された走行経路に沿って無人で走行するダンプトラックの制御システムでは、走行経路が搬送路内の同じ位置に設定され、所定の精度ないで走行経路に沿って走行している。そのため、走行中に行われる土手の形状などの上方突出部の検出がほぼ同じ位置から行われるため、検出結果のばらつきが抑えられる。したがって、地形情報の作成や位置の特定の精度を向上することができる。
- [0104] 本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。例えば、上記実施形態では、マスク領域MA内の位置情報をすべて除去する場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではない。
- [0105] 図25は、ダンプトラック2が積込場LPAにおいてレーザーセンサ24Bを用いて検出を行う場合の変形例を説明する図である。図25に示すように、積込場LPAには、ターゲットTGが配置されている。マスク領域MAが広範囲に設定される場合、除去される被検出物情報が多くなるため、利用可能な被検出物情報が少なくなってしまう可能性がある。この場合、照合航法位置演算部33Bの算出動作において利用可能な被検出物情報が少なくなり、演算結果の精度が低下する可能性がある。そこで、積込場LPA等にターゲットTGを配置し、当該ターゲットTGを含む部分については、マスク領域MA内に含まれた場合でも被検出物情報を用いるように設定することができる。
- [0106] 図26は、図25の例において位置検出を行った場合の被検出物情報D1を示す図である。図26に示すように、被検出物情報D1には、マスク領域MAの外側の壁部Wの被検出物情報S11、S12と、ターゲットTGの配

置領域T A内のターゲットT Gの被検出物情報S 1 3、S 1 4 とが含まれている。また、被検出物情報D 1 には、マスク領域M A内の壁部Wや作業機械4 については含まれていない。この被検出物情報D 1 に基づいて地図情報M 1 が生成される場合、マスク領域M Aの近傍の壁部Wについての被検出物情報を用いることができないが、ターゲットT Gの被検出物情報S 1 3、S 1 4 を用いることができる。このため、照合航法位置演算部3 3 Bの特定動作においては、ダンプトラック2 の位置及び方位を高精度に算出できる。

[0107] また、上記実施形態では、マスク領域M Aが直線又は曲線で囲まれた領域として設定される場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではない。図2 7は、積込場L P Aに設定されるマスク領域M Aの変形例を示す図である。図2 7に示すように、マスク領域M A aが、格子状に区画された複数の単位領域U Aを含む領域として設定し、単位領域U Aごとに処理を行ってもよい。これにより、直線又は曲線で囲まれた領域として設定される場合に比べて、レーザの観測点の内外判定が容易となるため、計算コストを削減することができる。

[0108] また、上記実施形態においてマスク領域M Aを設定した後、マスク領域M Aの位置を変更したり、マスク領域M Aの設定を解除したりしてもよい。図2 8は、積込場L P Aに設定されるマスク領域M Aの変形例を示す図である。図2 8に示すように、作業機械4 が積込場L P A内で移動する場合、作業機械4 によって採掘される壁部Wの位置も移動する。このため、形状が変形する形状変形部分の位置が移動することになる。そこで、図2 8に示すように、作業機械4 の位置に対応して、マスク領域M Aの位置を変更させてもよい。また、作業機械4 の動作が停止した場合、マスク領域M Aの設定が解除されてもよい。

[0109] また、上記実施形態では、ダンプトラック2 が個々にマスク領域M Aを設定する場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではない。例えば、一のダンプトラック2 がマスク領域M Aを設定又は設定解除した後、当該設定又は設定解除したマスク領域M Aの位置情報をマスク領域情報として管

制施設 7 に送信する構成であってもよい。また、管制施設 7 では、ダンプトラック 2 から送信されたマスク領域情報を受信し、管理装置 10 に保存させてもよい。管制施設 7 は、各ダンプトラック 2 からのマスク領域情報を受信した場合、管理装置 10 に保存されるマスク領域情報を更新してもよい。

[0110] また、ダンプトラック 2 から管制施設 7 に対して例えば一定時間ごとにマスク領域 MA の位置情報を送信するように要求し、ダンプトラック 2 からの要求があった場合に管制施設 7 がダンプトラック 2 に最新のマスク領域情報を送信する構成であってもよい。この場合、ダンプトラック 2 は、受信した最新のマスク領域情報に基づいてマスク領域 MA を設定することができる。

[0111] なお、ダンプトラック 2 が一定期間電源を停止させている場合、この期間には管制施設 7 に対してマスク領域情報を要求することができない。したがって、この場合には、ダンプトラック 2 の電源をオンにする際に管制施設 7 に対してマスク領域情報の要求を行ってもよい。

[0112] 図 29 は、ダンプトラック 2 と管制施設 7 との間の通信動作の一例を示すフローチャートである。図 29 に示すように、例えば一定時間の電源停止の後、ダンプトラック 2 が電源をオンにした場合（ステップ S T 5 1）、電源停止の期間に更新されたマスク領域情報を送信するように管制施設 7 に要求する（ステップ S T 5 2）。ステップ S T 5 2 では、例えばダンプトラック 2 は、電源停止の期間を示すオフ期間情報を管制施設 7 に送信する。管制施設 7 は、ダンプトラック 2 から送信されたオフ期間情報に基づいて、当該ダンプトラック 2 の電源停止期間に更新されたマスク領域情報を検索し（ステップ S T 6 1）、該当するマスク領域情報をダンプトラック 2 に送信する（ステップ S T 6 2）。ダンプトラック 2 は、マスク領域情報を受信した場合（ステップ S T 5 3 の Y e s）、当該マスク領域情報に基づいてマスク領域 MA を設定する（ステップ S T 5 4）。その後、ダンプトラック 2 は、自律走行を開始させる（ステップ S T 5 5）。これにより、ダンプトラック 2 が一定期間電源を停止させる場合であっても、電源を再度オンにする際に更新されたマスク領域 MA の更新情報を取得することができる。

[0113] また、上記実施形態では、ダンプトラック 2 のマスク領域設定部 5 1 がマスク領域 M A を設定する場合を例に挙げて説明したが、これに限定するものではない。例えば、管制施設 7 がマスク領域 M A を設定してもよい。この場合、設定されたマスク領域 M A の情報は、無線通信装置 1 8 からダンプトラック 2 に送信されてもよい。また、作業者が手作業でマスク領域 M A を設定してもよい。

[0114] 管制装置 7 がマスク領域 M A を設定する場合、鉱山のサイトマップに応じて処理装置 1 2 がマスク領域 M A を設定してもよい。サイトマップに開発情報データが組み込まれる場合、地形変化部分に対して自動でマスク領域 M A が設定されてもよい。開発情報は、例えば採掘場所情報又は搬送路補修計画情報を含む。また、オペレータが表示装置 1 6 を見ながら、タッチパネル又はマウスのような入力デバイスで所望の箇所に任意形状のマスク領域 M A を設定してもよい。

[0115] また、サービスカーやダンプトラックに処理装置、表示装置、及び入力装置を設けておき、サービスマンやオペレータが上述の管制オペレータと同様の手順でマスク領域 M A を設定してもよい。

符号の説明

- [0116] S 1, S 2, S 3 位置情報
B K 土手
D I 検出情報
M A, M A 1, M A 2, M A 3, M A 4 マスク領域
H L 搬送路
M I 地図情報
I A H, I A V 照射範囲
I S 交差点
D P A 排土場
R P 走行経路
L P A 積込場

V P 上方突出物

1 管理システム

2 ダンプトラック（作業機械）

7 管制施設

9 通信システム

10 管理装置

18, 34 無線通信装置

20 走行コントローラ

24 障害物センサ

24A レーダー（非接触センサ）

24B レーザーセンサ（非接触センサ）

30 作業機械の制御システム

31 GPS受信器（位置検出手段）

32 走行経路作成装置

33 位置計測コントローラ（計測出力手段）

33A 判定部

33B 照合航法位置演算部

33C グリッドマップ作成部

36 マップ保存用データベース

39 観測点利用可能判断部

51 マスク領域設定部

52 情報設定部

請求の範囲

- [請求項1] 走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、
前記作業機械の位置を検出する位置検出手段と、
前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、
前記位置検出手段の検出結果及び前記非接触センサの検出結果から被検出物情報を抽出し、前記走行経路の周辺のうち機械を用いることにより地形が変化する地形変化部分を含むように設定されるマスク領域の内側の前記被検出物情報を除外する制御部と、
を備える作業機械の制御システム。
- [請求項2] 前記被検出物情報は、前記非接触センサの検出結果と、当該検出結果のうち上方に突出した上方突出物の位置から生成される地図情報と、
の少なくとも一方を含む、
請求項1に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項3] 前記制御部は、上方に突出した上方突出物の位置を抽出する抽出動作と、前記抽出動作によって抽出された前記上方突出物の位置を地図情報として生成する生成動作と、前記非接触センサの検出結果と前記地図情報とを照合することにより前記作業機械の位置を特定する特定動作とを行う計測出力手段を備え、
前記計測出力手段は、前記抽出動作、前記生成動作及び前記特定動作の少なくとも1つを行う際、前記マスク領域内の位置を除外した情報を用いる、
請求項1又は請求項2に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項4] 前記計測出力手段は、前記マスク領域内の被検出物情報を削除した後に、前記抽出動作、前記生成動作及び前記特定動作の少なくとも1つを行う、
請求項3に記載の作業機械の制御システム。
- [請求項5] 前記鉱山の管制施設から送信される前記地形変化部分及び前記機械の位置に関する位置関連情報を受信する受信部を備え、

前記制御部は、前記受信部で受信した前記位置関連情報に基づいて前記マスク領域を設定する、

請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。

[請求項6] 前記制御部は、前記マスク領域内に所定のターゲット部分が設定される場合には、前記抽出動作、前記生成動作及び前記算出動作を行う際、前記ターゲット部分の位置情報については用いるようにする、

請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。

[請求項7] 前記マスク領域は、格子状に区画された複数の単位領域を含む、
請求項 1 から請求項 6 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システム。

[請求項8] 走行経路を走行する作業機械の制御システムであって、
前記作業機械の位置を検出する位置検出手段と、
前記作業機械の周囲の物体の位置を検出する非接触センサと、
前記位置検出手段の検出結果及び前記非接触センサの検出結果に基づいて生成される地図情報と、前記非接触センサの検出結果とを照合することにより前記作業機械の位置を特定する特定動作を行う計測出力手段と、を備え、

前記計測出力手段は、前記特定動作を行う際、所定のマスク領域内の位置を除外した前記地図情報を用いる作業機械の制御システム。

[請求項9] 鉱山の走行経路を走行する作業機械本体と、
請求項 1 から請求項 8 のうちいずれか一項に記載の作業機械の制御システムと、
を備える作業機械。

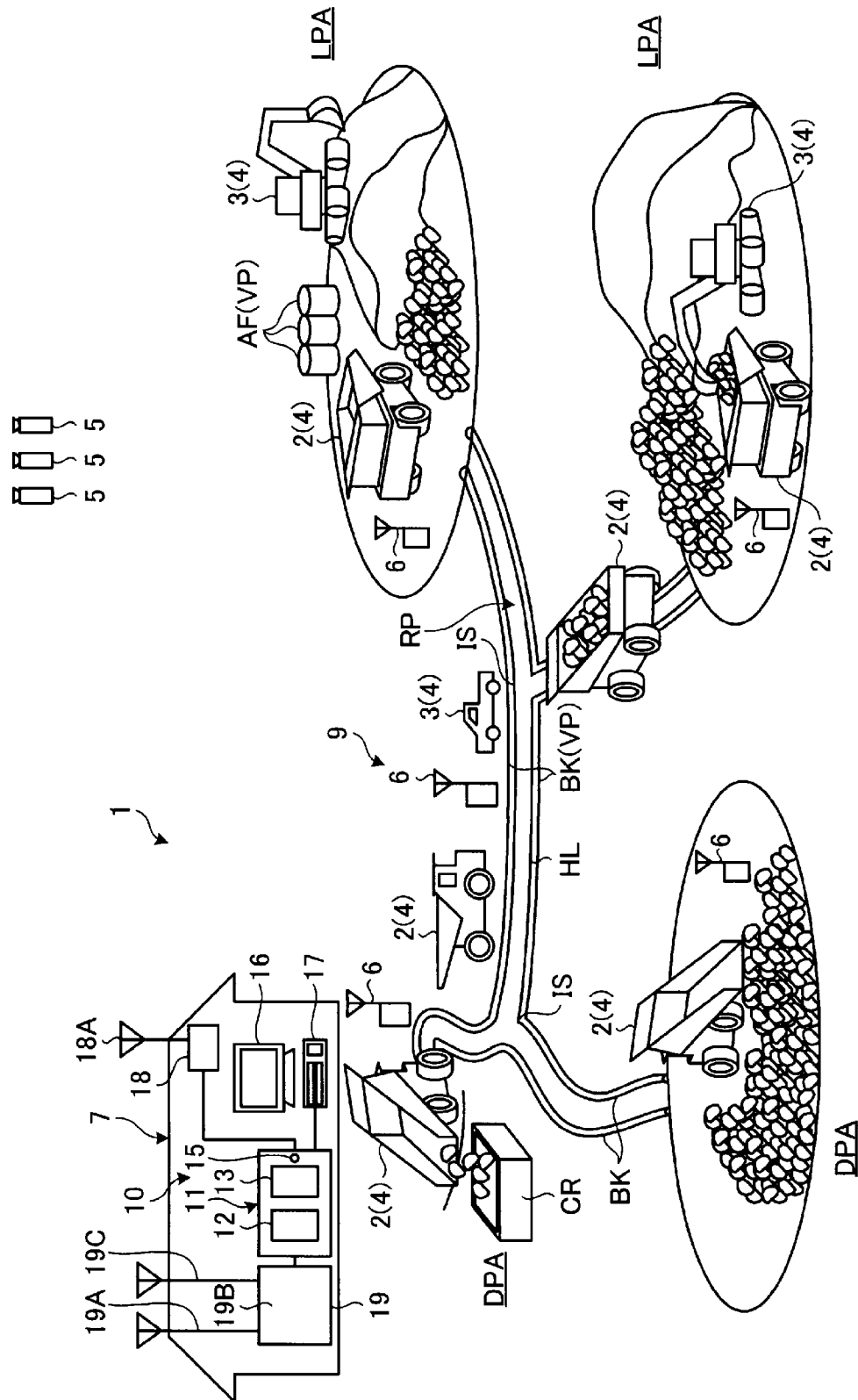
[請求項10] 請求項 9 に記載の作業機械と、
鉱山に設けられ、前記走行経路の周辺のうち機械を用いることにより地形が変化する地形変化部分及び前記機械のうち少なくとも一方の

位置に関する位置関連情報を送信する管制施設と、

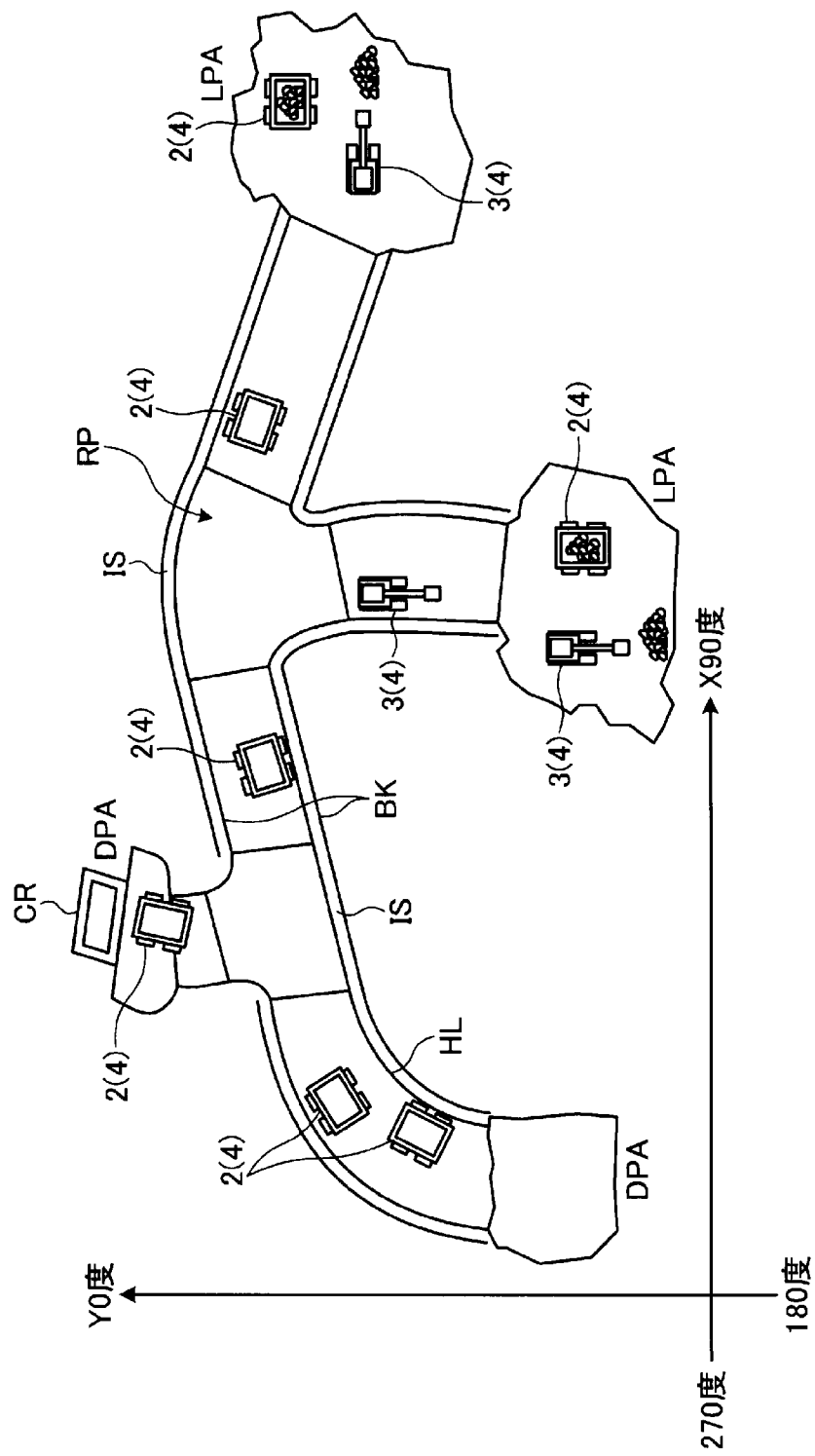
を備え、

前記作業機械の制御システムは、前記位置関連情報を受信し、受信した前記位置関連情報に基づいて前記マスク領域を設定する、
作業機械の管理システム。

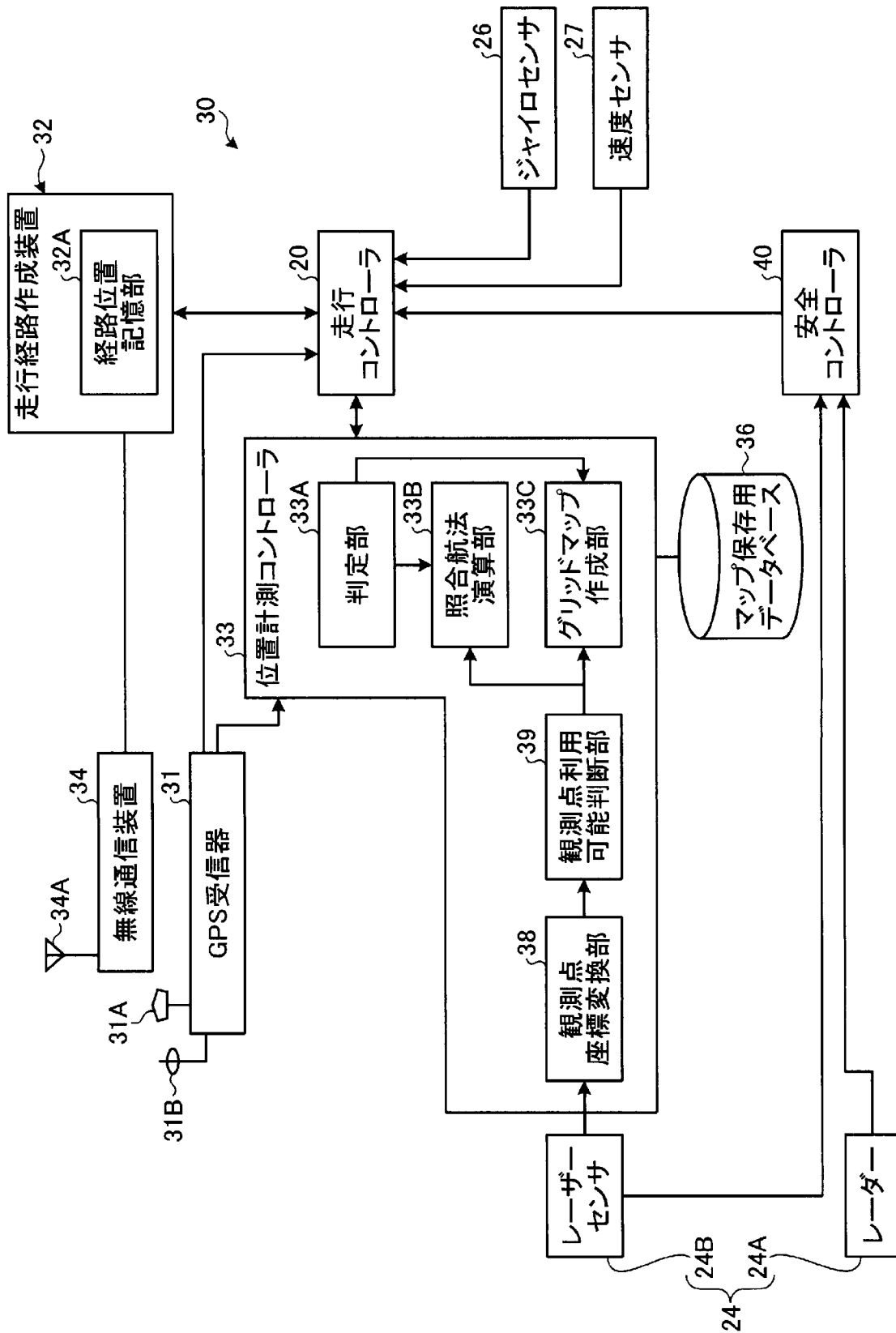
[図1]



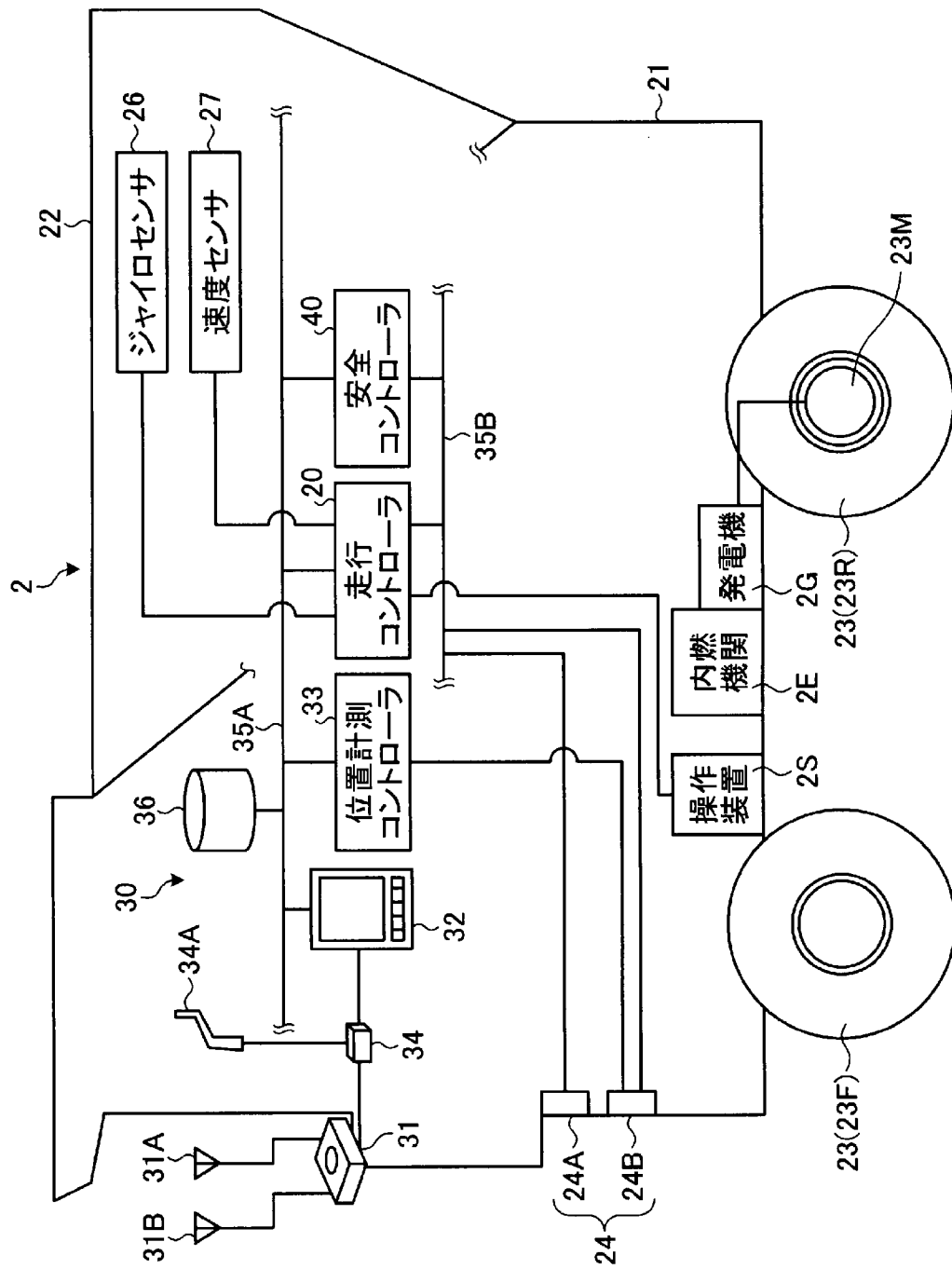
[図2]



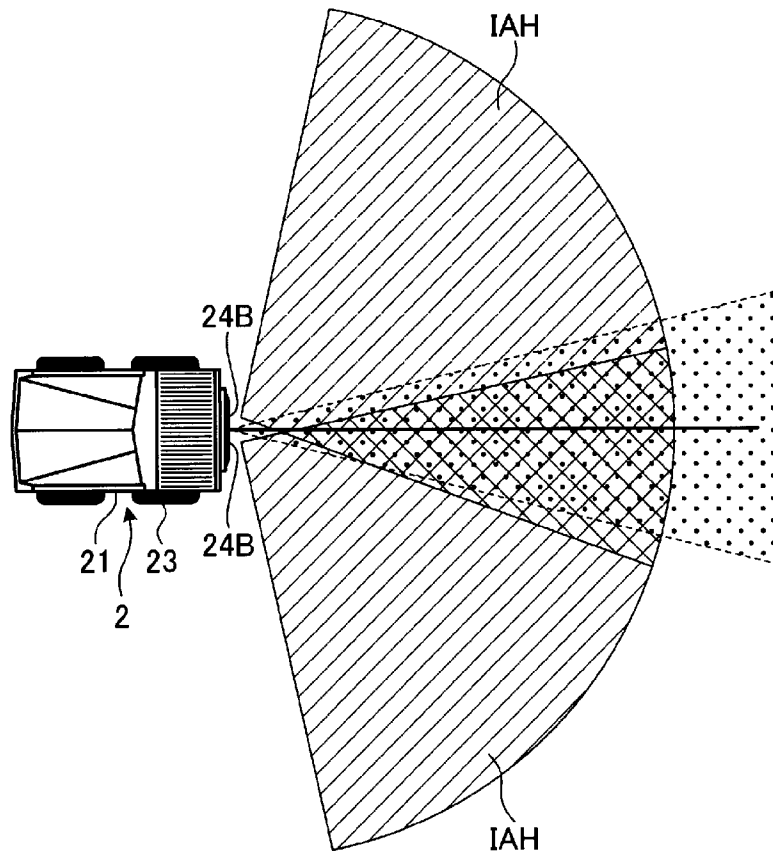
[図3]



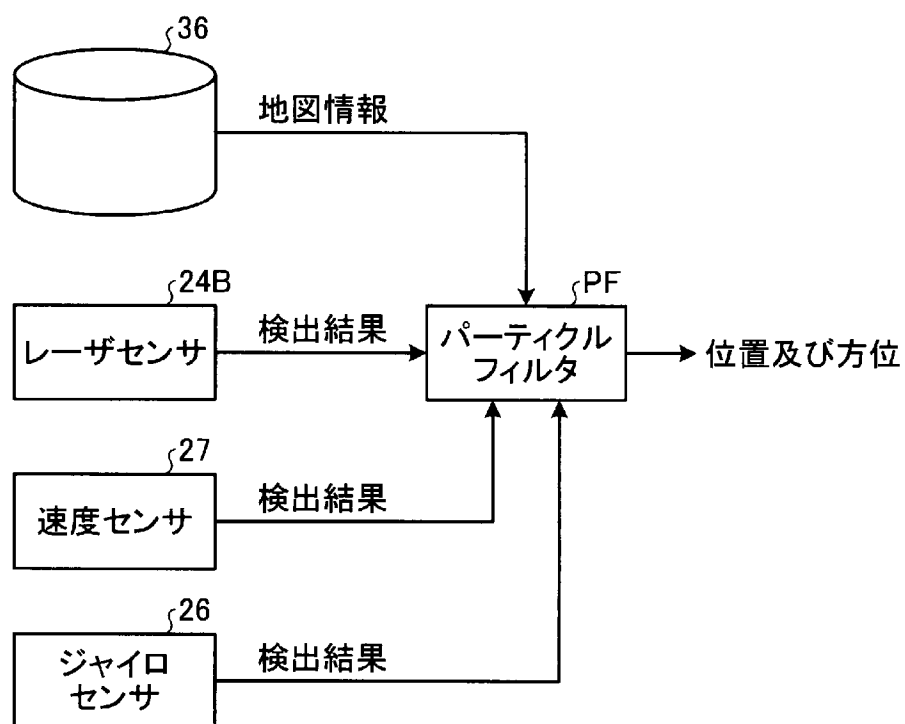
[図4]



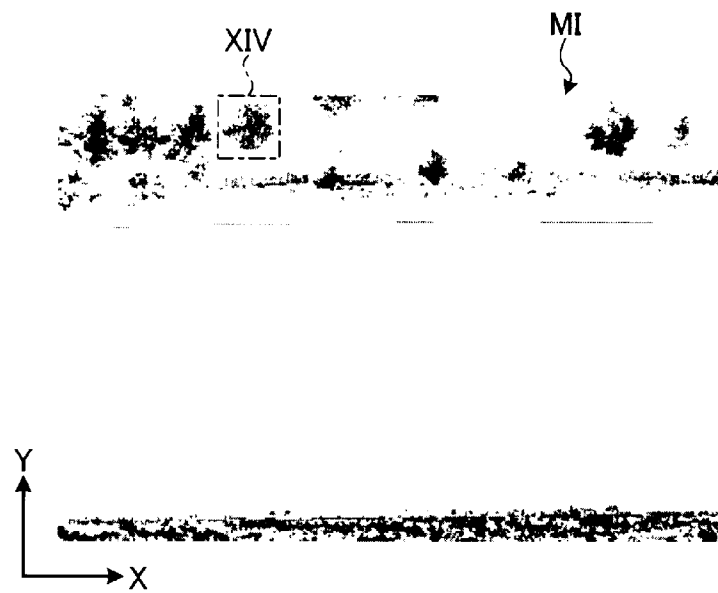
[図5]



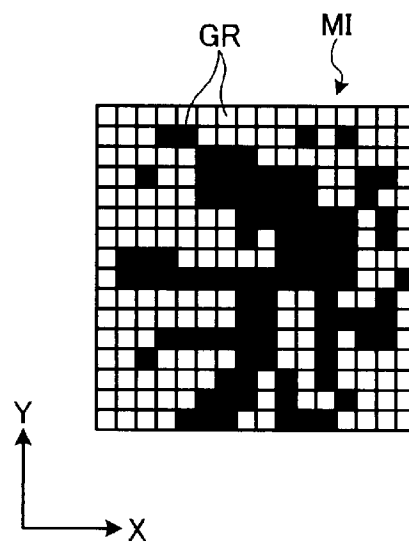
[図6]



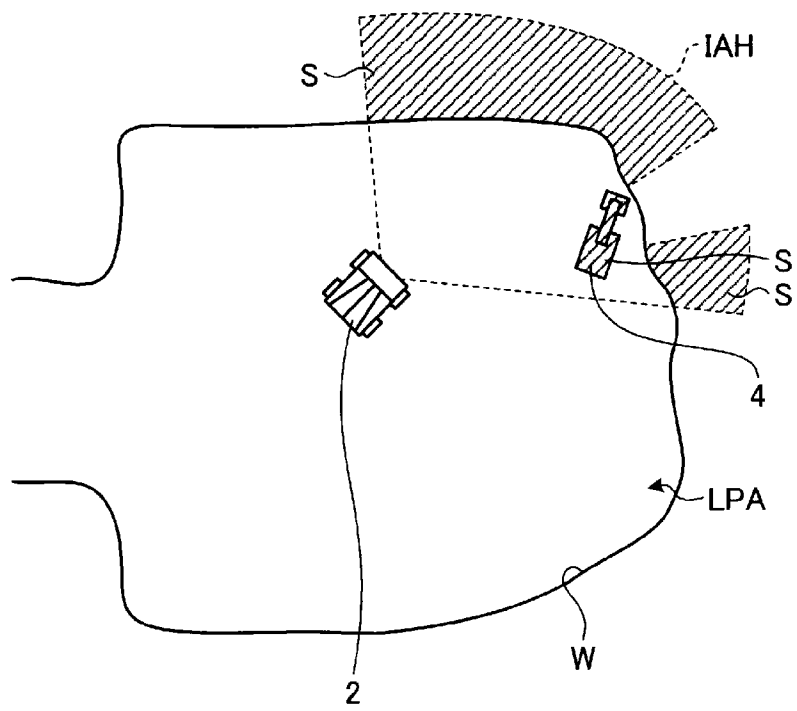
[図7]



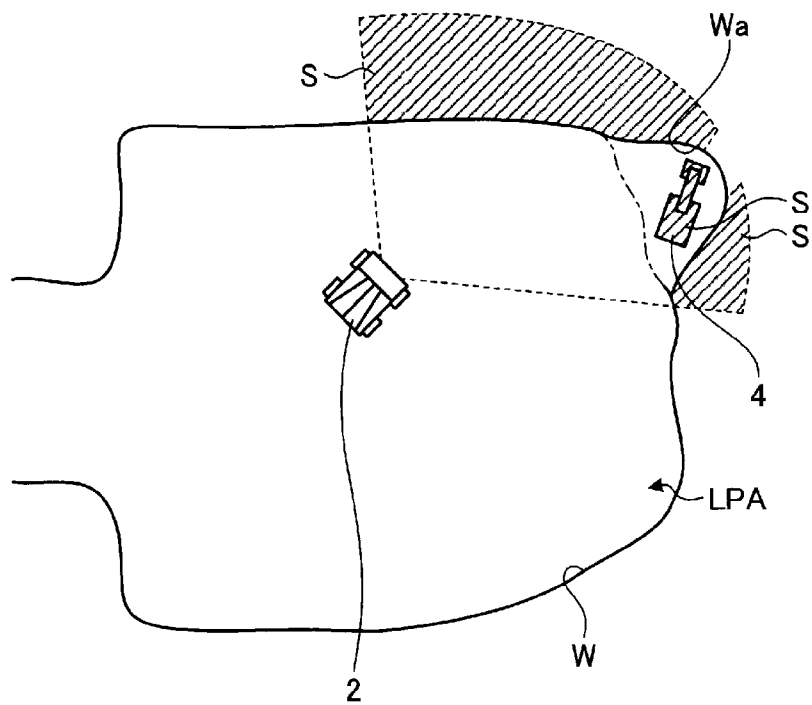
[図8]



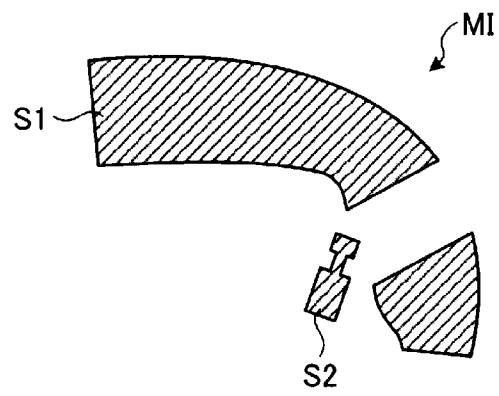
[図9]



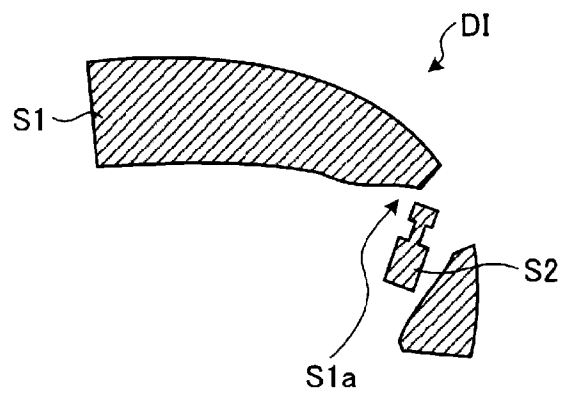
[図10]



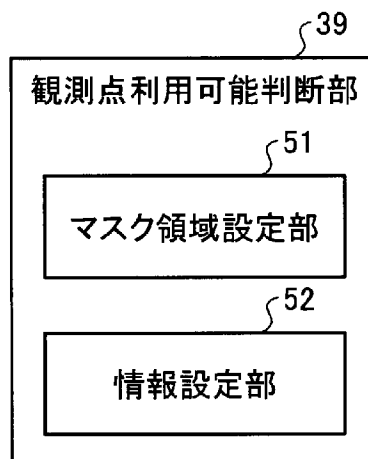
[図11]



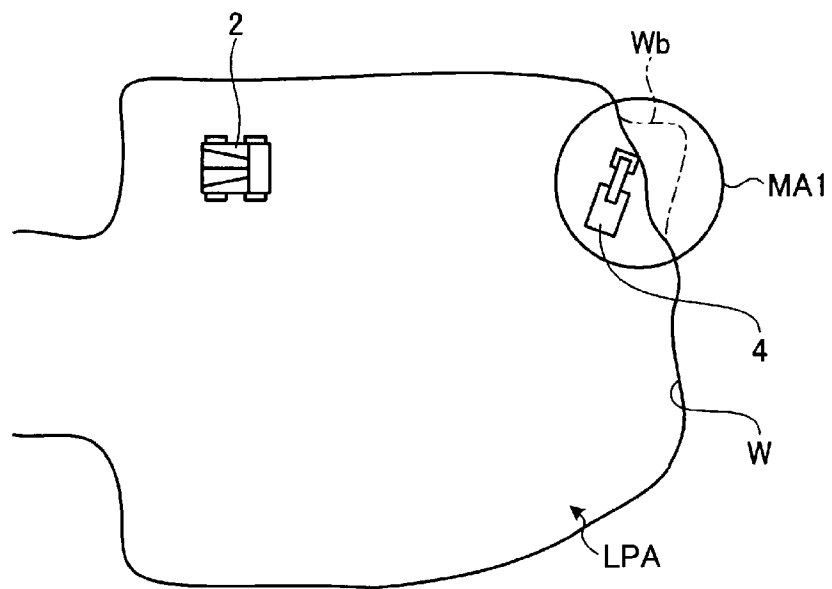
[図12]



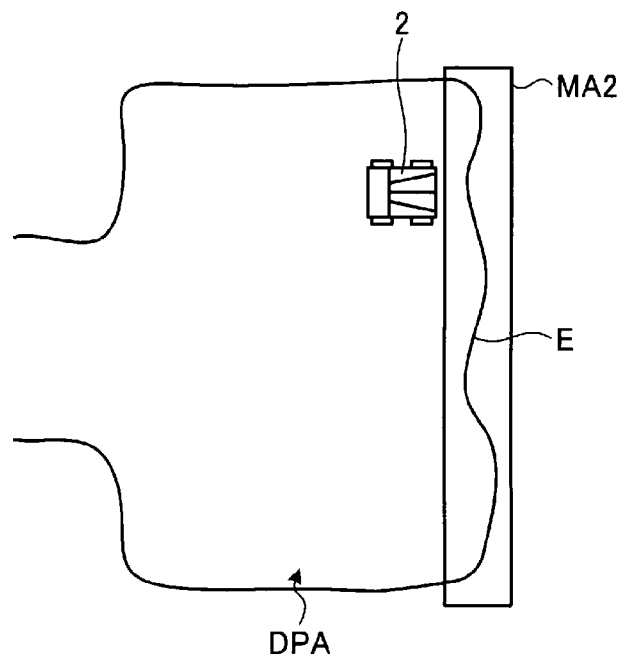
[図13]



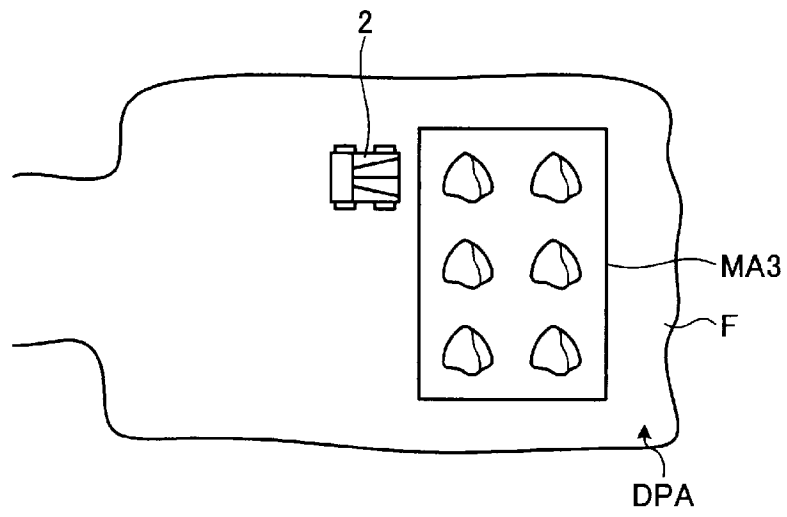
[図14]



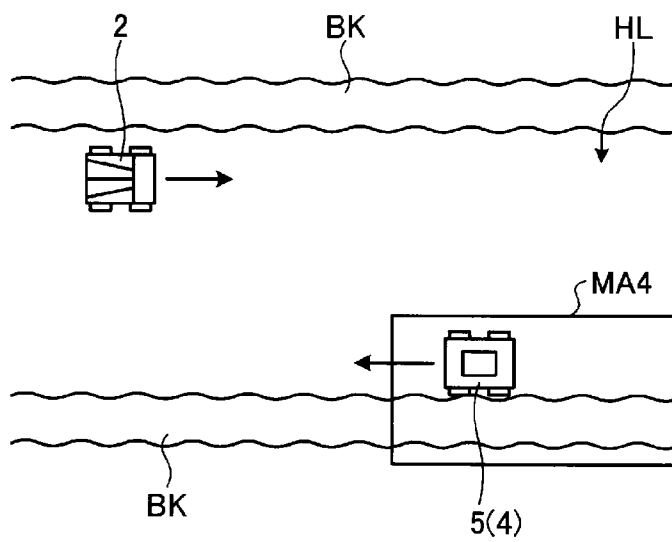
[図15]



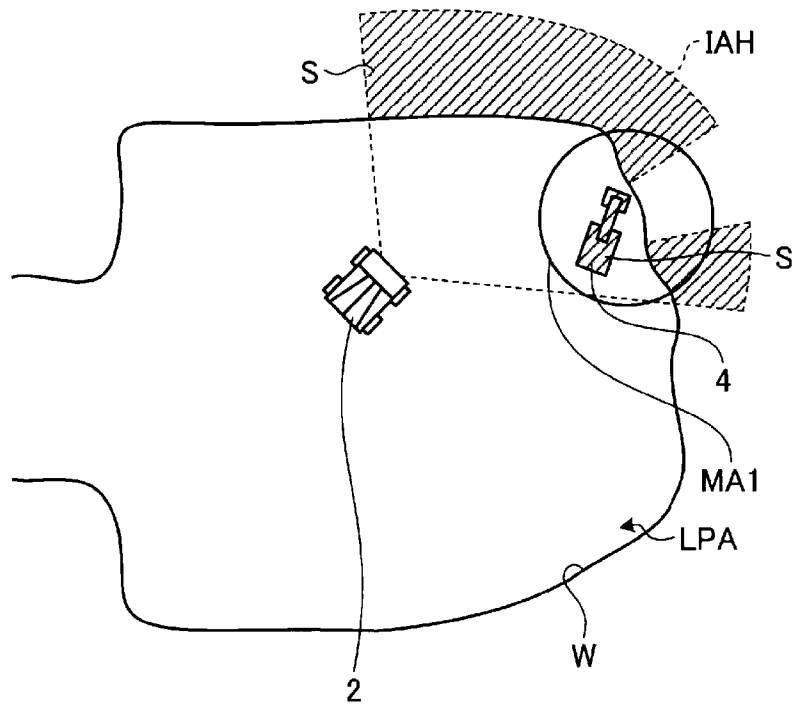
[図16]



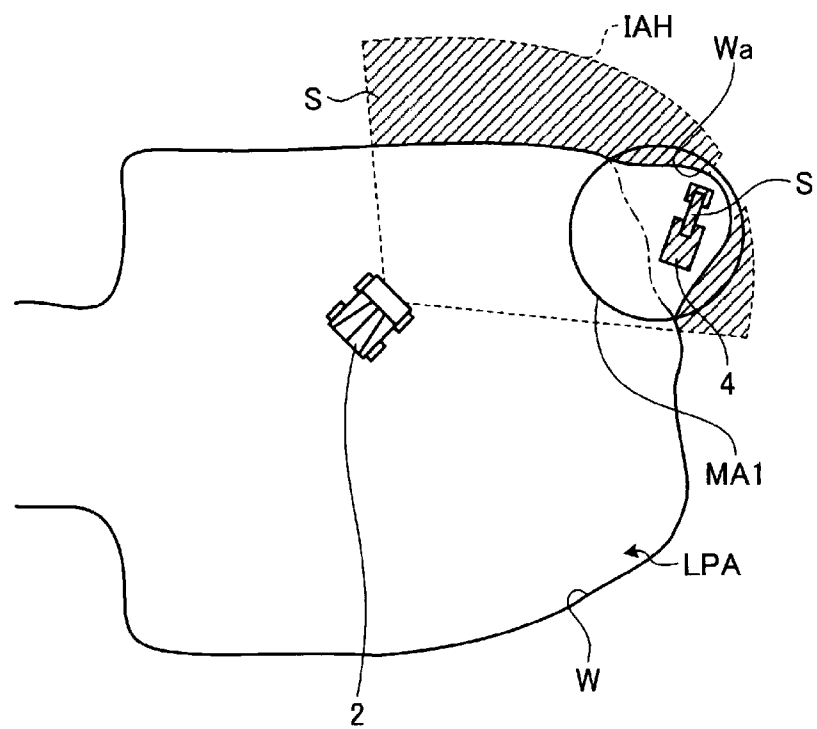
[図17]



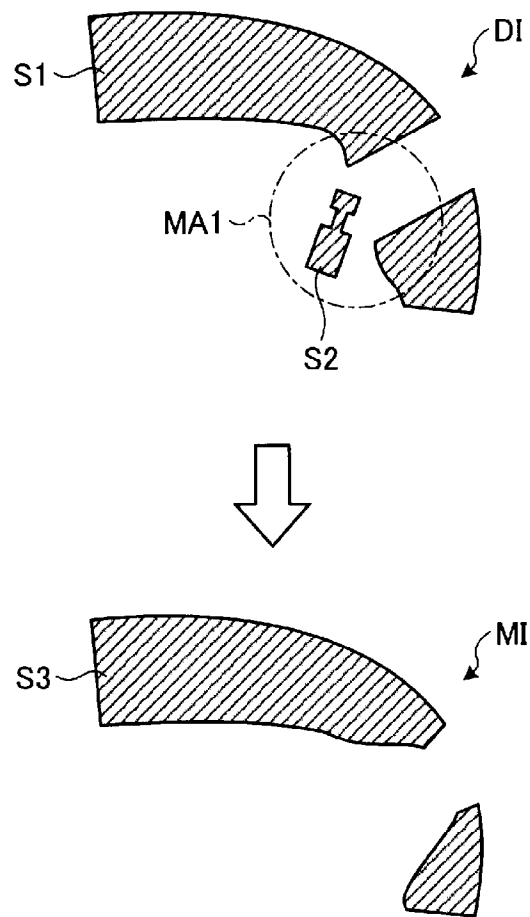
[図18]



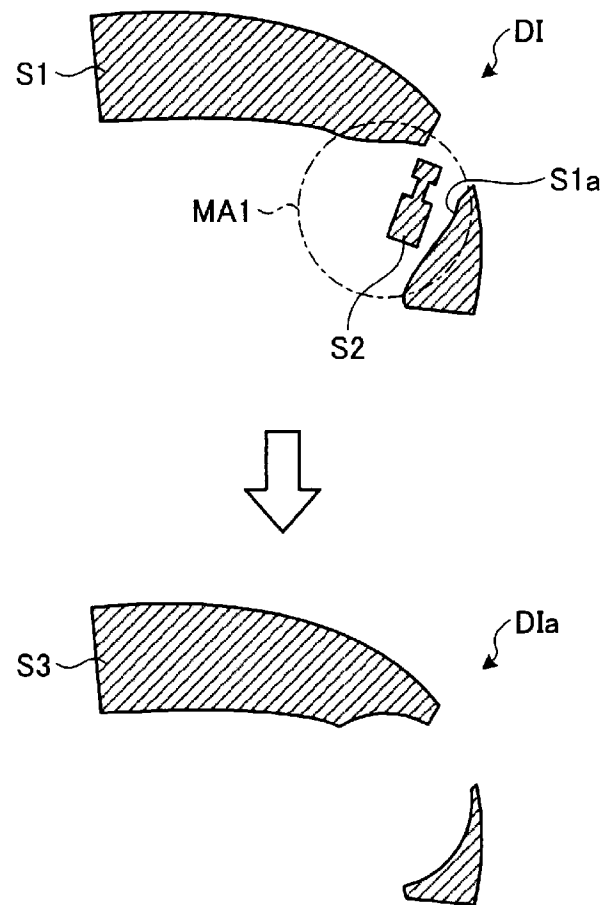
[図19]



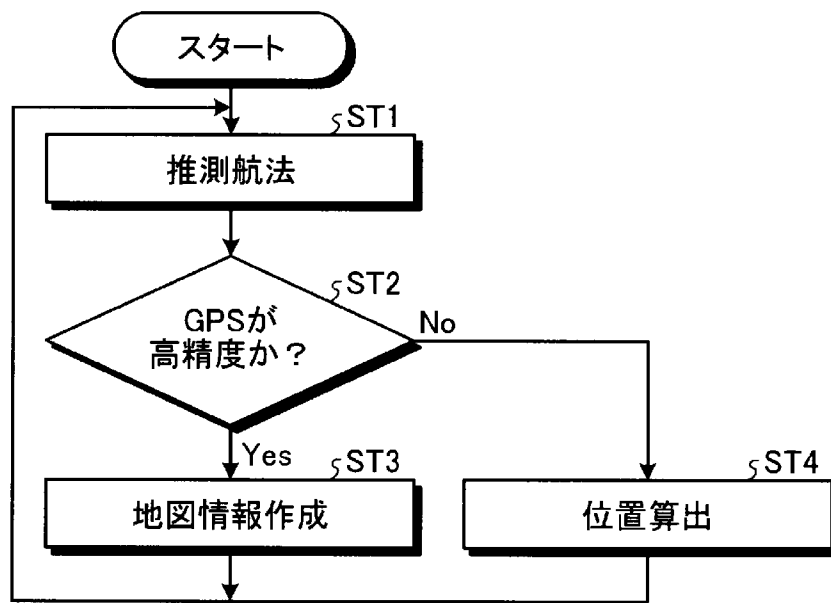
[図20]



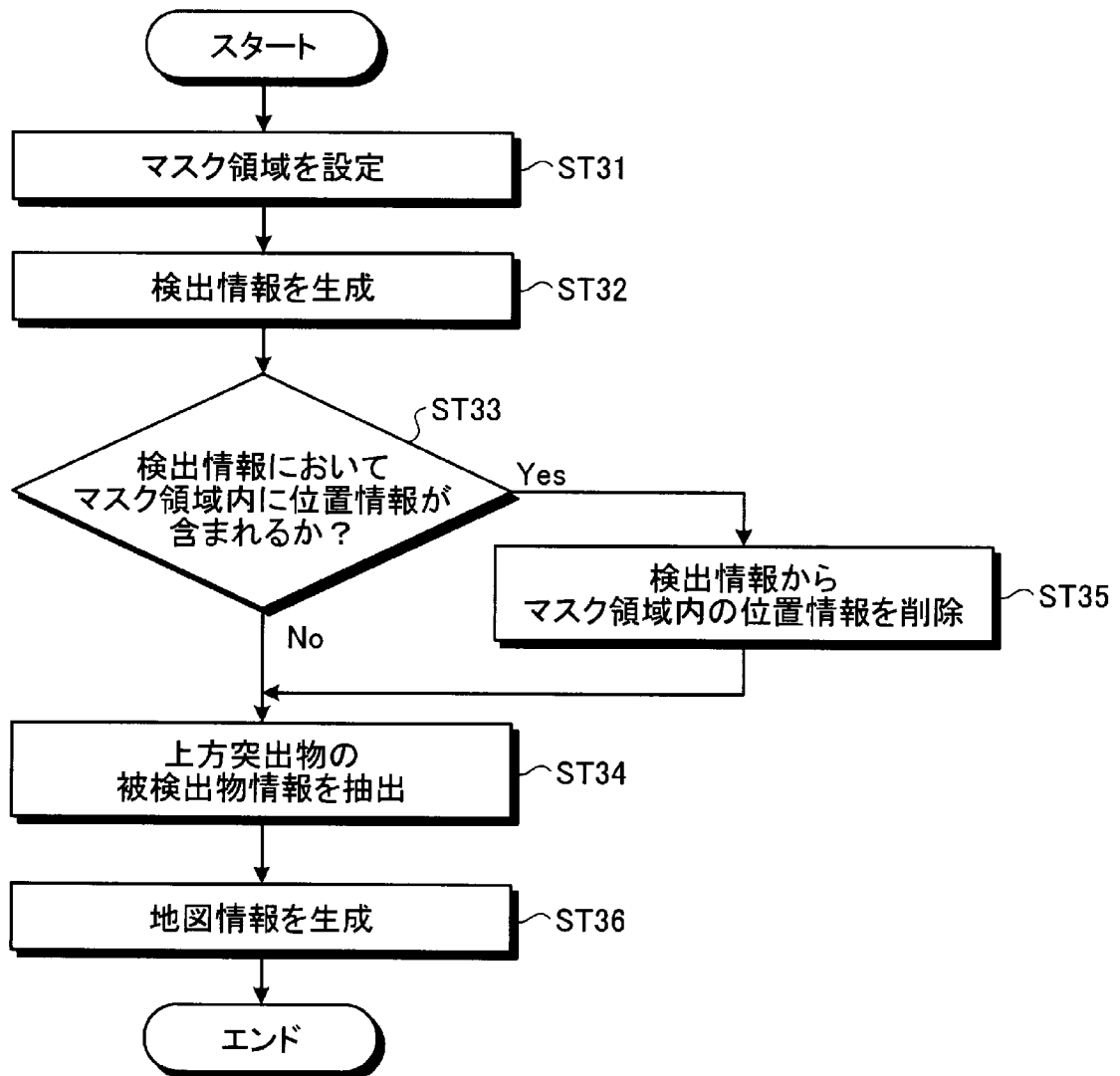
[図21]



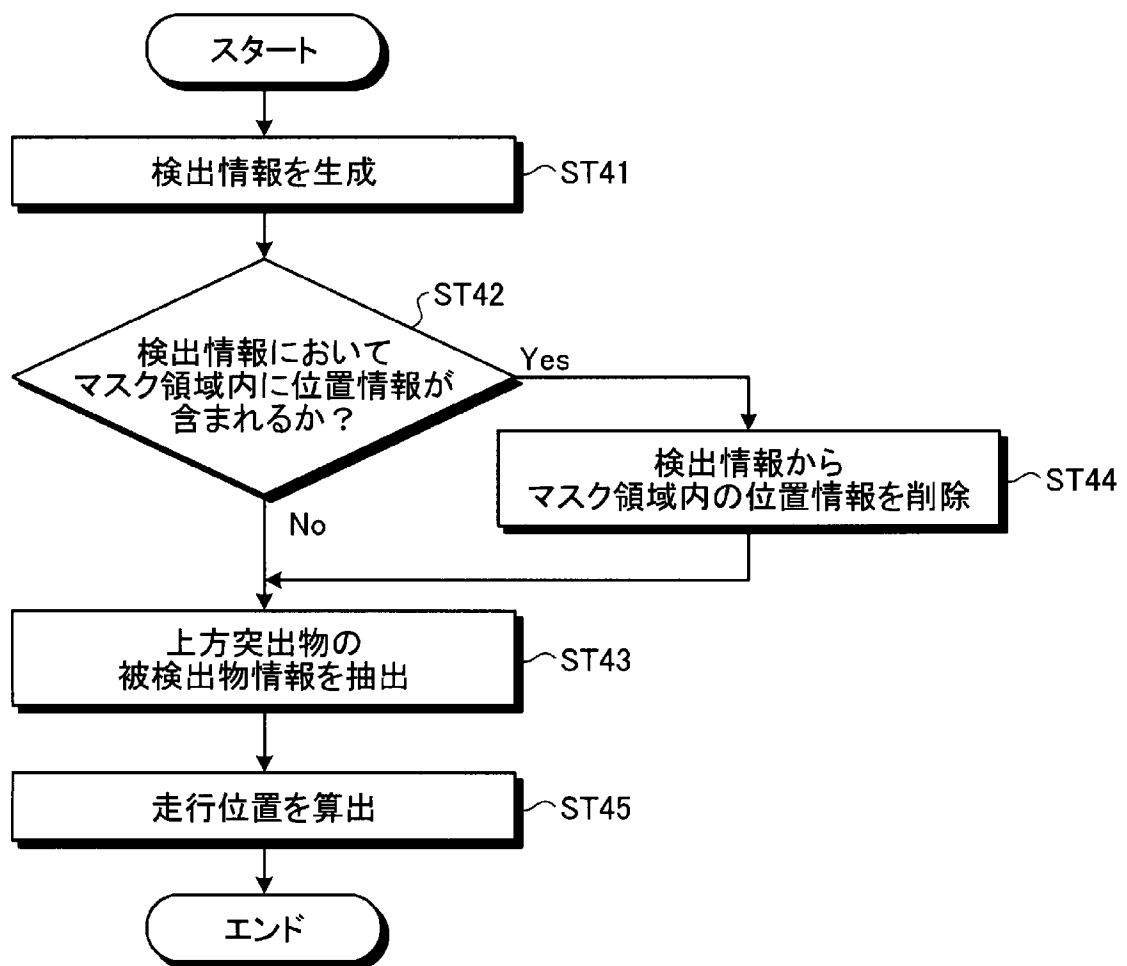
[図22]



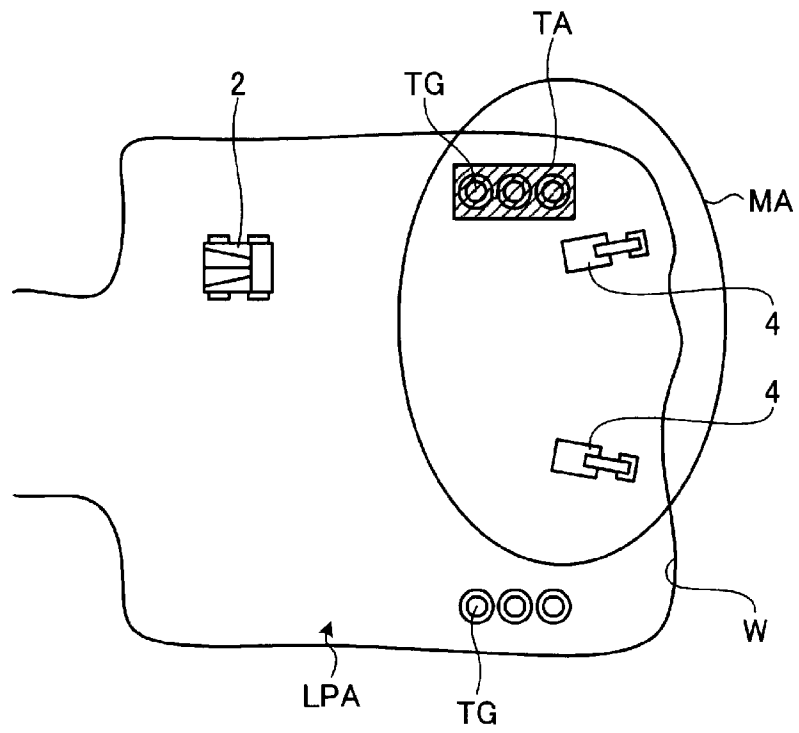
[図23]



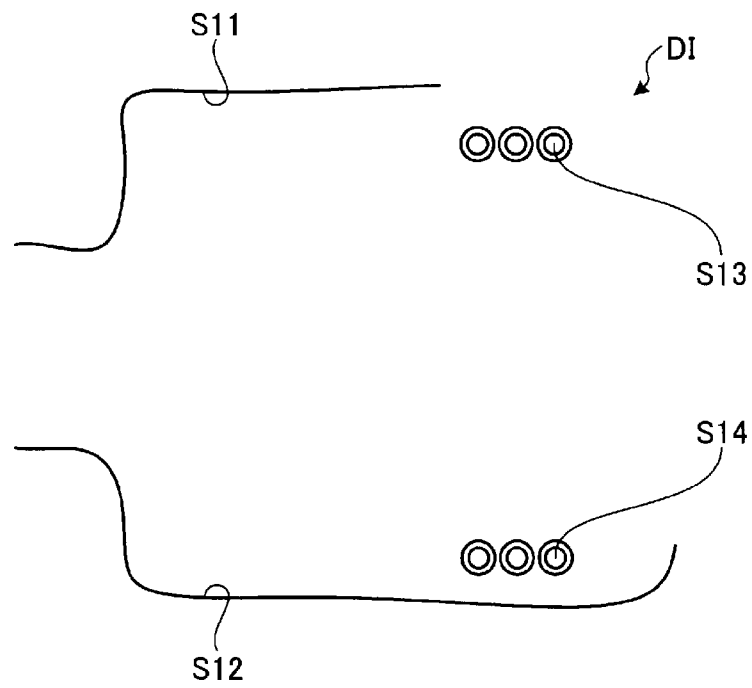
[図24]



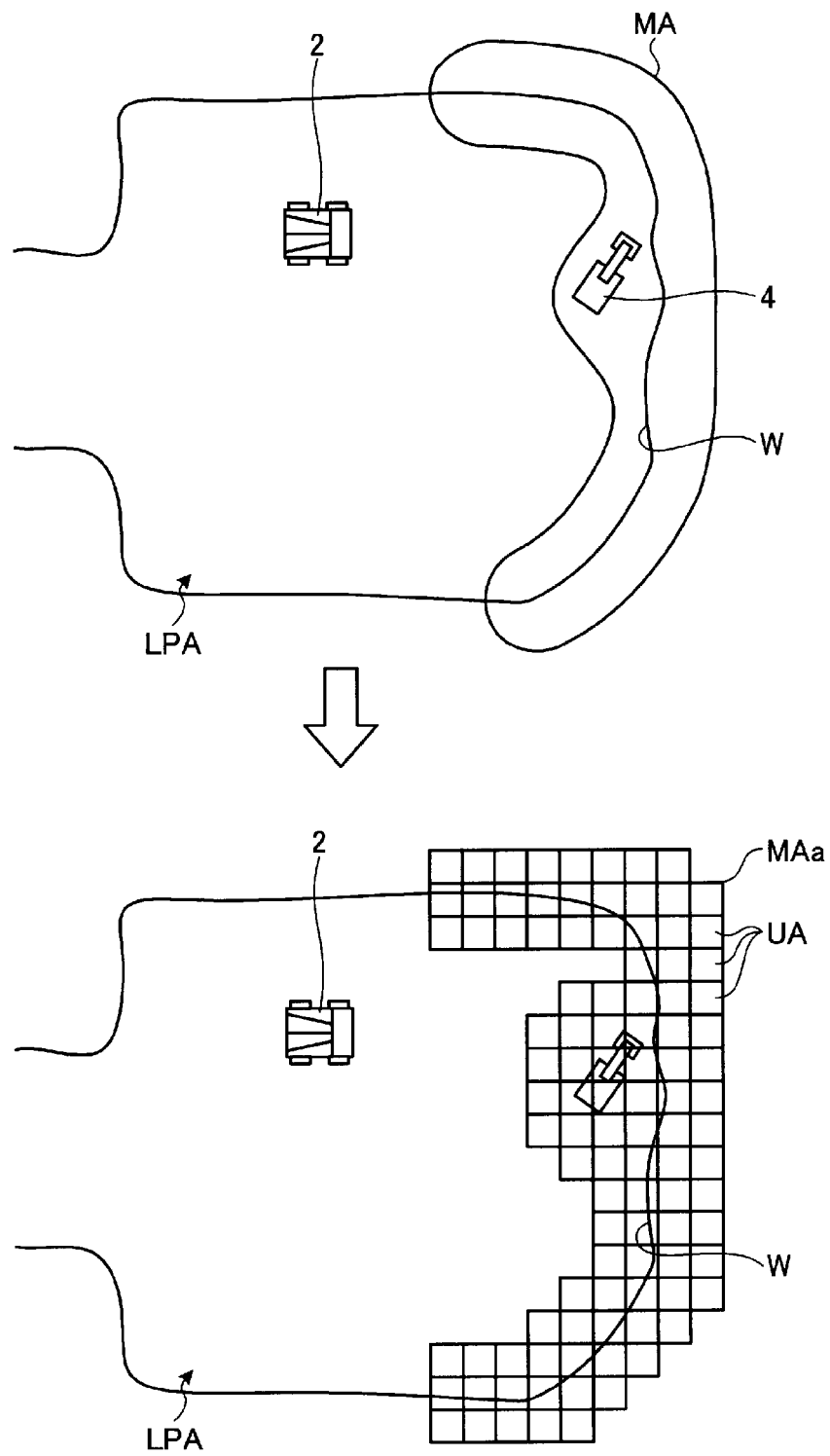
[図25]



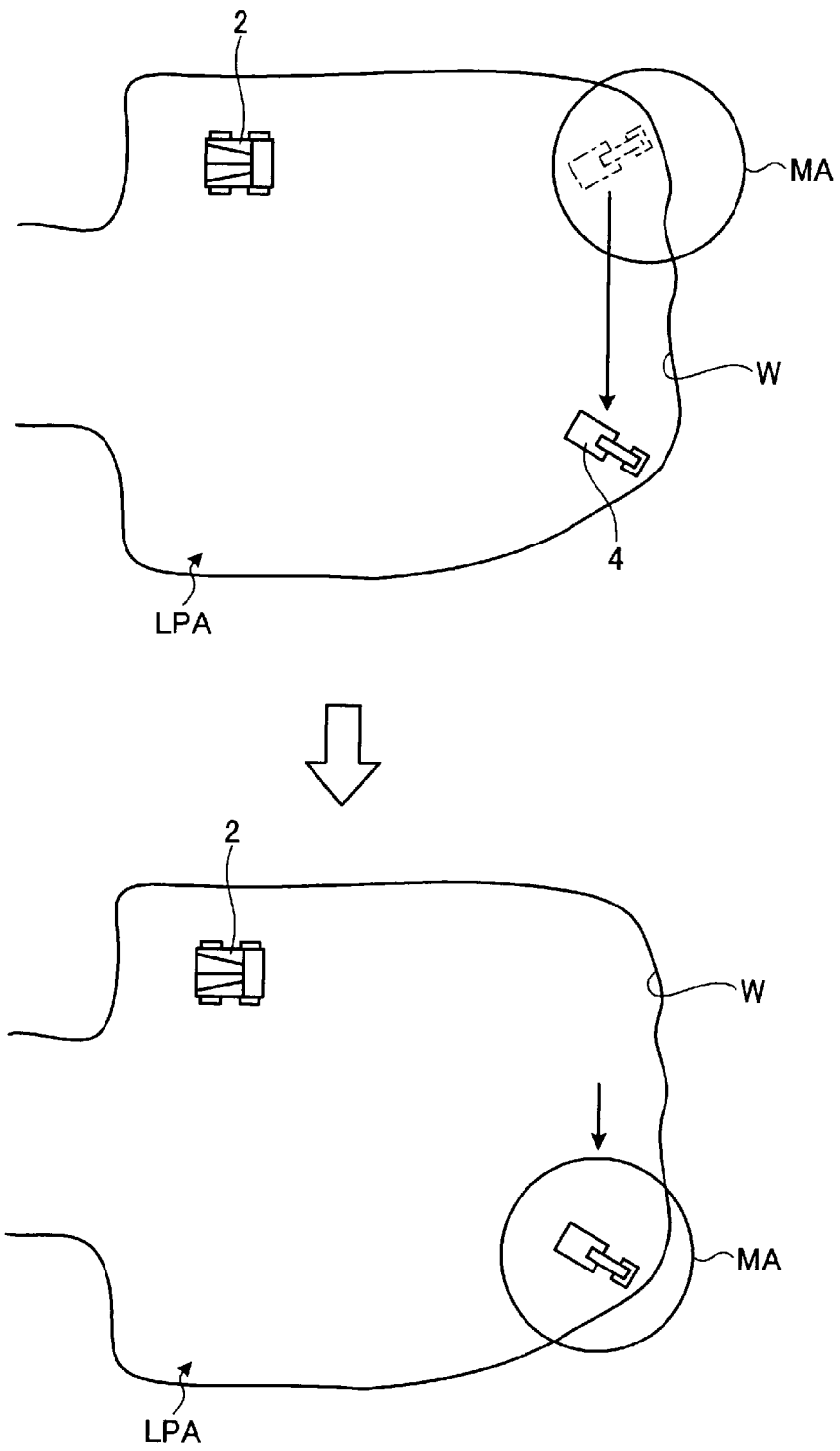
[図26]



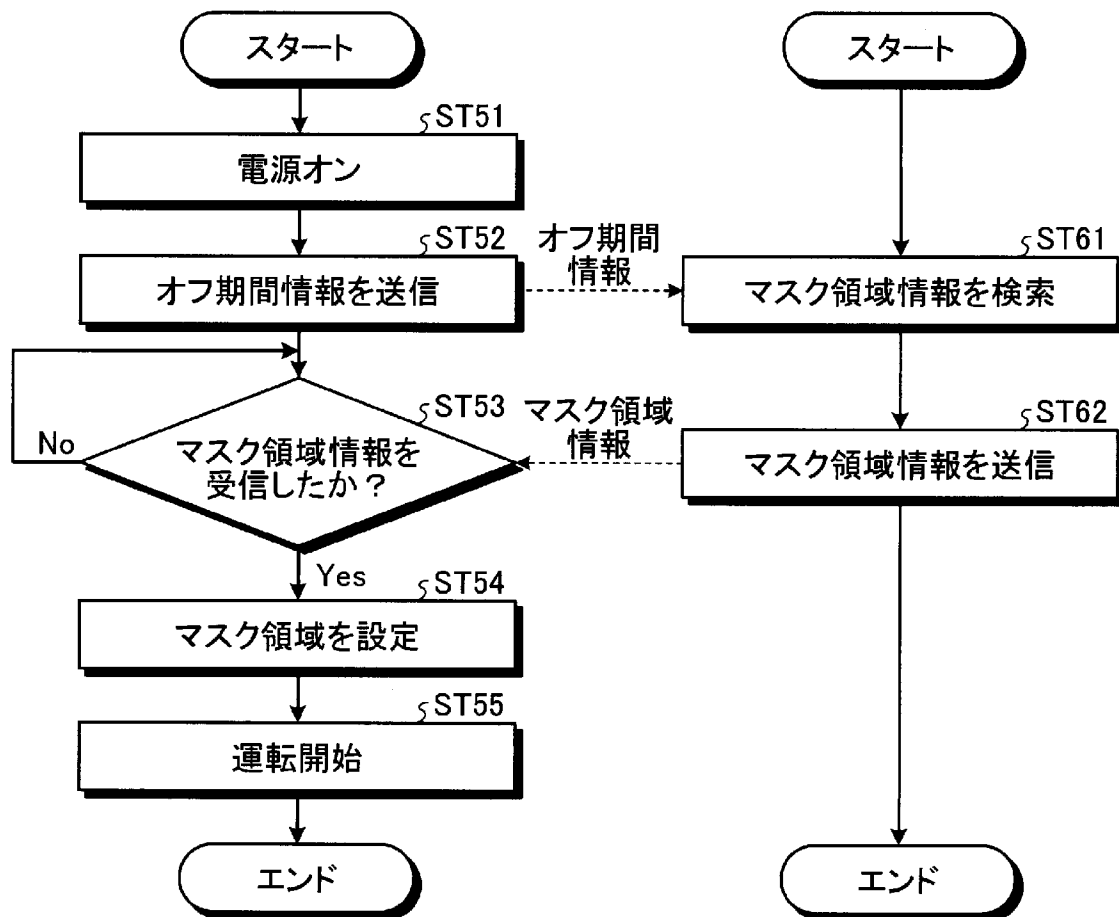
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 5714129 B1 (Komatsu Ltd.), 07 May 2015 (07.05.2015), paragraphs [0019] to [0031], [0039] to [0049], [0145] to [0146]; fig. 1, 4, 14 & US 2015/0253776 A1 paragraphs [0035] to [0048], [0057] to [0068], [0170] to [0171]; fig. 1, 4, 14 & WO 2015/015576 A1 & CN 104541217 A & CA 2877997 A1 & AU 2013350342 A1	8-9 1-7, 10
A	JP 2014-203429 A (Toyota Motor Corp.), 27 October 2014 (27.10.2014), entire text (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 March 2016 (04.03.16)

Date of mailing of the international search report
15 March 2016 (15.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052940

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-242520 A (Caterpillar Inc.), 07 September 1999 (07.09.1999), entire text & US 6064926 A & DE 19856610 A1 & AU 750722 B2	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D1/02 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 5714129 B1（株式会社小松製作所）2015.05.07, 段落 [0019] - [0031], [0039] - [0049], [0145] - [0146], 図1, 4, 14 & US 2015/0253776 A1, 段落 [0035] - [0048], [0057] - [0068], [0170] - [0171], 図1, 4, 14 & WO 2015/015576 A1 & CN 104541217 A & CA 2877997 A1 & AU 2013350342 A1	8-9 1-7, 10

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.03.2016

国際調査報告の発送日

15.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

稲垣 浩司

3U

9556

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-203429 A (トヨタ自動車株式会社) 2014. 10. 27, 全文 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-242520 A (キャタピラー インコーポレイテッド) 1999. 09. 07, 全文 & US 6064926 A & DE 19856610 A1 & AU 750722 B2	1-10